



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“EVALUACIÓN DE LA PRIMERA GENERACIÓN (M1) DE DOS
VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.), PROVENIENTE DE
PADRES IRRADIADOS, EN LAS GRANJAS EXPERIMENTALES DE
YUYUCOCHA, PARROQUIA CARANQUI, CANTÓN IBARRA; Y LA
PRADERA, PARROQUIA CHALTURA, CANTÓN ANTONIO ANTE,
PROVINCIA DE IMBABURA”**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

Autores:

Walter Fernando Santi Tacunga

Luis Alberto Yamberla Yamberla

Directora:

MSc. Doris Chalampunte

Ibarra, Febrero 2017

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

"EVALUACIÓN DE LA PRIMERA GENERACIÓN (M1) DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.), PROVENIENTE DE PADRES IRRADIADOS, EN LAS GRANJAS EXPERIMENTALES DE YUYUCOCHA, PARROQUIA CARANQUI, CANTÓN IBARRA; Y LA PRADERA, PARROQUIA CHALTURA, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA"

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

[MSc. Doris Chalampunte]
DIRECTOR


FIRMA

[MSc. Miguel Gómez]
MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA

[MSc. Fernando Basantes]
MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA

[MSc. Franklin Ayala]
MIEMBRO TRIBUNAL


FIRMA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manifestamos que la presente obra es original y se la realizó sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto somos los titulares de los derechos patrimoniales; por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de las mismas y saldremos en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de Febrero del 2017



[Santi Tacunga Walter Fernando]



[Yamberla Yamberla Luis Alberto]

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Yamberla Luis y Santi Walter, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 24 días del mes de Febrero del 2017



[MSc, Doris Chalampunte]

DIRECTORA DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de identidad:	100308544-4		
Apellidos y nombres:	Luis Alberto Yamberla Yamberla		
Dirección:	Ilumán Bajo		
Email:	ljhonson_y@hotmail.com		
Teléfono fijo:	062 946 825	Teléfono móvil:	0994290248

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de identidad:	100344545-7		
Apellidos y nombres:	Walter Fernando Santi Tacunga		
Dirección:	Atuntaqui Barrio San Ignacio		
Email:	waltersanti@hotmail.es		
Teléfono fijo:	062 907 603	Teléfono móvil:	0968058646

DATOS DE LA OBRA	
Título:	"EVALUACIÓN DE LA PRIMERA GENERACIÓN (M1) DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (<i>Pisum sativum</i> L.), PROVENIENTE DE PADRES IRRADIADOS, EN LAS GRANJAS EXPERIMENTALES DE YUYUCOCHA, PARROQUIA CARANQUI, CANTÓN IBARRA; Y LA PRADERA, PARROQUIA CHALTURA, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA"
Autores:	Luis Alberto Yamberla Yamberla

	Walter Fernando Santi Tacunga
Fecha:	23 de febrero del 2017
Solo para trabajos de grado	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Agropecuario
Directora:	MSc. Doris Chalampunte.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Luis Alberto Yamberla Yamberla, con cédula de ciudadanía Nro. **100308544-4** y Walter Fernando Santi Tacunga, con cédula de ciudadanía Nro. **100344545-7**; en calidad de autores y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de febrero del 2017

AUTORES:

ACEPTACION:



Luis Alberto Yamberla Yamberla

C.I.: 100308544-4



Walter Fernando Santi Tacunga

C.I.: 100344545-7



Ing. Betty Chávez

JEFE DE BIBLIOTECA

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Yamberla Yamberla Luis Alberto, con cédula de identidad Nro.10308544-4 y Santi Tacunga Walter Fernando, con cédula de identidad Nro. 100344545-7 manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **"EVALUACIÓN DE LA PRIMERA GENERACIÓN (M1) DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.), PROVENIENTE DE PADRES IRRADIADOS, EN LAS GRANJAS EXPERIMENTALES DE YUYUCOCHA, PARROQUIA CARANQUI, CANTÓN IBARRA; Y LA PRADERA, PARROQUIA CHALTURA, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Agropecuario en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 24 días del mes de Febrero del 2017

AUTORES:



Santi Tacunga Walter Fernando

ACEPTACIÓN



Ing. Betty Chávez

JEFE DE BIBIOTECA



Yamberla Yamberla Luis Alberto

Registro Bibliográfico

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: 23 – 02 – 2017

Yamberla Yamberla Luis Alberto, Santi Tacunga Walter Fernando.
“EVALUACIÓN DE LA PRIMERA GENERACIÓN (M1) DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.), PROVENIENTE DE PADRES IRRADIADOS, EN LAS GRANJAS EXPERIMENTALES DE YUYUCOCHA, PARROQUIA CARANQUI, CANTÓN IBARRA; Y LA PRADERA, PARROQUIA CHALTURA, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA”. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, 24 de febrero del 2017.

DIRECTORA: MSc. Doris Chalampunte

El objetivo general de la presente investigación fue, Evaluar la primera generación (M1) de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) Quantum y Arvejón rosado, proveniente de padres irradiados, en las granjas experimentales de Yuyucocha y La Pradera, de la Universidad Técnica el Norte; y los objetivos específicos fueron: Analizar agrónomicamente cada uno de los tratamientos en estudio, evaluar las características fenotípicas heredables a la generación M1 y comparar económicamente el mejor tratamiento.

Ibarra, 24 de febrero del 2017



Luis Yamberla



MSc. Doris Chalampunte



Walter Santi

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte, a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria y a los señores profesores, mi eterna gratitud por sus conocimientos que impartieron con total desinterés.

A la MSc. Doris Chalampunte, Tutora de Tesis por su acertada dirección, paciencia y ayuda brindada en la elaboración de esta investigación.

Al MSc. Miguel Gómez, Fernando Basantes y Franklin Ayala (Asesores) quienes brindaron sus conocimientos consejos y apoyos para poder conseguir este título y a todas las personas que de una u otra forma hicieron lo posible para hacer realidad nuestro logro.

Al MSc. Javier Colimba, Raúl Castro y Dr. Carlos Moya quienes colaboraron con sus conocimientos en el proceso de la elaboración del trabajo de grado.

A nuestras amistades, compañeros de la universidad y familiares por su apoyo absoluto.

GRACIAS A TODOS.

DEDICATORIA

CON MUCHO AMOR Y CARÍÑO.

Dedico a DIOS, quién inspiró mi espíritu para la conclusión de esta tesis.

A mis padres que me dieron la vida, educación, apoyo, consejos, responsabilidad, honestidad y los valores que me inculcaron, además por ser el pilar fundamental en la realización de mi vida espiritual y estudiantil.

A mi padre Alberto Yamberla Conejo por brindarme una carrera para mi futuro, apoyándome en lo moral y económico en todo momento, por todo esto le agradezco de corazón. A mi madre María Carmen Yamberla a pesar de que no está aquí ahora en estos momentos conmigo, sé que tu alma si lo está y por qué anhelaste siempre lo mejor para mi Yo te dedico con todo mi corazón mi tesis. Nunca te olvidare

A los amores de mi vida, mi amada esposa Nina Pakary y mi princesa Jana Emily Yamberla quienes con su amor y comprensión, han sido mi motivación para culminar este trabajo.

A mis hermanos: Miryan, Sandra, Verónica, Washintong y Franklin, por ser amigos de juegos y travesuras, además, por compartir momentos difíciles en nuestra vida.

A mis sobrinas(o): Wayta, Toamary y Amaru quienes con sus ocurrencias me han alegrado en los momentos difíciles. A mi cuñado por estar presente en momentos necesarios.

A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes han sido de gran ayuda para hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco.

PARA TODOS ELLOS HAGO ESTA DEDICATORIA.

Luis Yamberla

DEDICATORIA

A María Inés Tacunga, mi madre el motivo por el cual he podido alcanzar este gran logro y es por ella que luchare día a día para así poder recompensar sus días y noches de sacrificio para que no nos falte nada en nuestro hogar, convirtiéndose en padre y madre a la vez. Anselmo Francisco Santi (+), mi padre quien en mi adolescencia tuvo que partir de nuestro lado a un mundo sin retorno, y quien con sus palabras, planto en mí una meta.

A mis hermanos: Wilson (+), Deisy (+), Franklin (+), Patricio y Miguel, que con su voz de aliento me dieron fuerza para seguir adelante y terminar lo propuesto.

A todos mis familiares y amigos, que de una forma u otra me dieron ánimos de lucha e incentivaron a culminar este logro.

Santi Walter

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del Problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.5.1 Hipótesis nula (Ho)	5
1.5.2 Hipótesis alternativa (Ha)	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEORICO	6
2.1 Importancia y Objetivos de la Genotécnia	6
2. 2 Genotécnia y variación hereditaria	6
2.2.1 Mutaciones	6
2.2.2 Mutaciones Genéticas	7
2.2.3 Mutaciones naturales	8
2.2.4 Agentes mutagénicos	8
2.2.5 Radiación	9
2.2.5.1 Radiación Ionizante	9
2.2.5.2 Radiación Gamma	9
2.2.5.3 Cobalto 60 (Co ⁶⁰)	10
2.2.6 Efectos y beneficios de la aplicación de radio inducción de mutaciones con fuente de Cobalto 60 (Co ⁶⁰), en los diferentes campos	10
2.2.6.1 Fitomejoramiento	10
2.2.6.2 Medicina	12
2.2.6.3 Postcosecha	12
2.2.7 Desventaja del uso de Radiación gamma con fuente de Cobalto 60 (Co ⁶⁰)	13
2.2.8 Herencia	14
2.2.9 Heredabilidad	14
2.2.10 Características fenotípicas	14
2.3 Arveja	15
2.3.1 Generalidades	15
2.3.2 Descripción Taxonómica	16
2.3.3 Morfología	16
2.3.4 Fenología	17
2.3.5 Características agronómicas de las variedades evaluadas	19
2.3.5.1 Arvejón rosado	19
2.3.5.2 Quantum	19
CAPÍTULO III	20
3. METODOLOGÍA	20
3.1 Caracterización del área de estudio	20

3.1.1 Ubicación geográfica de las localidades	20
3.1.2 Condiciones climáticas.....	21
3.1.3 Características edáficas	21
3.2 Materiales y equipos	22
3.2.1 Materiales	22
3.2.2 Equipos.....	23
3.3 Factores en estudio.....	23
3.3.1 Tratamientos.....	23
3.4 Diseño Experimental.....	24
3.4.1 Características del experimento	24
3.4.2 Esquema del análisis estadístico	25
3.4.3 Análisis funcional.....	25
3.5 Variables evaluadas	25
3.5.1 Porcentaje de emergencia.....	25
3.5.2 Porcentaje de sobrevivencia	25
3.5.3 Días a la floración	26
3.5.4 Altura de plantas.....	26
3.5.5 Número de vainas por planta.....	26
3.5.6 Número de granos por vaina	26
3.5.7 Rendimiento de grano seco	26
3.6 Manejo específico del Experimento.....	27
3.6.1 Obtención de la semilla de la generación M1	27
3.6.2 Preparación del terreno.....	27
3.6.3 Delimitación del terreno.....	27
3.6.4 Fertilización.....	27
3.6.5 Siembra.....	28
3.6.6 Labores Culturales.....	28
3.6.7 Cosecha	29
CAPÍTULO IV.....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Porcentaje de emergencia.....	30
4.2 Porcentaje de sobrevivencia a los 30 días	32
4.2.1 Porcentaje de sobrevivencia a los 60 días	33
4.3 Días a la floración	36
4.4 Altura de la planta a la floración	38
4.4.1 Altura de planta a la madurez fisiológica.....	40
4.5 Número de vainas por planta.....	42
4.6 Número de granos por vaina	44
4.7 Rendimiento en grano seco	46
4.8 Análisis comparativo entre las generaciones M0 y M1 en Yuyucocha	48
4.8.1 Porcentaje de Emergencia	48
4.8.2 Porcentaje de sobrevivencia a los 30 días	49
4.8.2.1 Porcentaje de sobrevivencia a los 60 días	51

4.8.3 Días a la floración	52
4.8.4 Altura de planta a la floración.....	53
4.8.4.1 Altura de planta a la madurez fisiológica.....	55
4.8.5 Número de vainas por planta.....	57
4.8.6 Número de granos por vaina	58
4.9 Análisis Económico.....	59
CAPÍTULO V	80
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES	83
GLOSARIO	89

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Ubicación del área de estudio.....	20
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica	16
Tabla 2. Descripción de los tratamientos, en las granjas experimentales “Yuyucocha y La Pradera”.	24
Tabla 3. Esquema del análisis de varianza (ADEVA).....	25
Tabla 4. Análisis de varianza para porcentaje de emergencia.....	30
Tabla 5. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (Dosis /Variedad) para la variable porcentaje de emergencia.	31
Tabla 6. Análisis de varianza para porcentaje de sobrevivencia a los 30 días	32
Tabla 7. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para tratamiento (dosis /variedad) con respecto a la variable porcentaje de sobrevivencia a los 30 días.	33
Tabla 8. Análisis de varianza para porcentaje de sobrevivencia a los 60 días	34
Tabla 9. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para tratamiento (dosis /variedad) con respecto a la variable porcentaje de sobrevivencia a los 60 días	34
Tabla 10. Análisis de varianza para días a la floración	36
Tabla 11. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable días a la floración	36
Tabla 12. Análisis de varianza para altura de planta a la floración	38
Tabla 13. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable altura de planta a la floración	39

Tabla 14. Análisis de varianza para altura de planta a la madurez fisiológica.....	40
Tabla 15. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable altura de planta a la madurez fisiológica.....	40
Tabla 16. Análisis de varianza para número de vainas por planta	42
Tabla 17. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable número de vainas por planta	43
Tabla 18. Análisis de varianza para número de granos por vaina	44
Tabla 19. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable número de granos por vaina	45
Tabla 20. Análisis de varianza para rendimiento en grano seco	46
Tabla 21. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para tratamiento (dosis /variedad) con respecto a la variable rendimiento en grano seco	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para porcentaje de emergencia	32
Figura 2. Comportamiento de los tratamientos para porcentaje de sobrevivencia a los 30 días.....	33
Figura 3. Comportamiento de los tratamientos para porcentaje de sobrevivencia a los 60 días.....	35
Figura 4. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para días a la floración.....	37
Figura 5. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para altura de planta a la floración.....	39
Figura 6. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para altura de planta a la madurez fisiológica	42
Figura 7. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para número de vainas por planta	44
Figura 8. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para número de granos por vaina.....	46
Figura 9. Comportamiento de los tratamientos para número de granos por vaina	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto establecido para las localidades (Granja Experimental Yuyucocha y La Pradera).	91
Anexo 2. Cronograma de actividades.....	92
Anexo 3. Croquis de distribución de los tratamientos.....	93
Anexo 4. Resultados obtenidos en la primera fase	95
Anexo 5. Resultado del reporte de Análisis de suelo de la localidad Granja Experimental Yuyucocha.	97
Anexo 6. Resultado del reporte de Análisis de suelo de la localidad Granja Experimental La Pradera.....	98
Anexo 7. Datos obtenidos para la variable porcentaje de emergencia en Yuyucocha y La Pradera.	99
Anexo 8. Datos obtenidos para la variable porcentaje de sobrevivencia a los 30 días en Yuyucocha y La Pradera.....	99
Anexo 9. Datos obtenidos para la variable porcentaje de sobrevivencia a los 60 días en Yuyucocha y La Pradera.....	100
Anexo 10. Datos obtenidos para la variable días a la floración en Yuyucocha y La Pradera.	101
Anexo 11. Datos obtenidos para la variable altura de planta a la floración en Yuyucocha y La Pradera.....	101
Anexo 12. Datos obtenidos para la variable altura de planta a la madurez fisiológica en Yuyucocha y La Pradera.....	102
Anexo 13. Datos obtenidos para el variable número de vainas por planta en Yuyucocha y La Pradera.....	103
Anexo 14. Datos obtenidos para la variable número de granos por vaina en Yuyucocha y La Pradera.....	103
Anexo 15. Datos obtenidos para la variable rendimiento en grano seco en Yuyucocha y La Pradera.	104
Anexo 16. Prueba de LSD Fisher ($\alpha=0.05$) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para porcentaje de emergencia.....	105
Anexo 17. Prueba de LSD Fisher ($\alpha=0.05$) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para porcentaje de sobrevivencia a los 30 días	105

Anexo 18. Prueba de LSD Fisher ($\text{Alfa}=0.05$) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para porcentaje de sobrevivencia a los 60 días.	106
Anexo 19. Prueba de LSD Fisher ($\text{Alfa}=0.05$) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para días a la floración.	106
Anexo 20. Prueba de LSD Fisher ($\text{Alfa}=0.05$) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para altura a la floración.....	107
Anexo 21. Prueba de LSD Fisher ($\text{Alfa}=0.05$) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para altura a la madurez fisiológica	107
Anexo 22. Prueba de LSD Fisher ($\text{Alfa}=0.05$) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para número de vaina por planta.	108
Anexo 23. Prueba de LSD Fisher ($\text{Alfa}=0.05$) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para número de granos por vaina.	108
Anexo 24. FOTODOCUMENTACIÓN PROCESO DE INVESTIGACIÓN	109

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar parámetros agronómicos de plantas de arveja. Los factores en estudio fueron las semillas irradiadas de dos variedades de arveja: Arvejón rosado y Quantum. En la generación M1, se planteó un Diseño de Bloques Completos al Azar, y se empleó la prueba de significancia LSD Fisher para los diferentes componentes del análisis de varianza. Los resultados permitieron identificar diferencias significativas para interacción tratamiento y localidades. En la Localidad 1 (G.E. Yuyucocha) Arvejón rosado a 30 Gy sobresalió en porcentaje de emergencia (47,78 %), número de vainas por planta (24,67), número de granos por vaina (6,83 unidades) y un rendimiento total de 1,32 kg de grano seco frente a sus irradiados, junto a ello un Beneficio/Costo de 1,54 USD. La variedad Quantum 30 Gy presenta el mejor comportamiento en: porcentaje de emergencia (82,22 %) y sobrevivencia a los 60 días del 60 %; a 120 Gy presentaron mayor altura de planta 43,83 cm, número de vainas (25,05 unidades) por planta y rendimiento total de 1,25 kg de grano seco con un Beneficio/Costo de 1,26 USD. Sin embargo en la L2 (G.E La Pradera) la variedad Arvejón rosado presentó mejores resultados a dosis de 30 Gy, en porcentaje de emergencia (53,34 %) días a la floración (66,33 días), número de vainas por planta (9,49), rendimiento total 1,29 kg de grano seco además un Beneficio/Costo de 1,52 USD, mientras que la variedad Quantum a 90 Gy sobresale en: número de granos por vaina (7,47) y rendimiento total en grano seco de 1,30 kg de grano seco con una relación Beneficio/Costo de 1,31 USD respectivamente.

(Palabras claves: arveja, mutación, rayos gamma).

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate agronomic parameters of two kinds of irradiated pea bean plants: Big pink pea bean and Quantum pea bean, in two localities. The generation M1 was evaluated using a randomized complete block. The LSD Fisher meaningful test was used to analyze the components of the variance analysis. The results showed meaningful differences for the interaction between treatments and localities. In the locality 1 (Experimental Farm Yuyucocha), the Big pink pea bean irradiated with 30 Gy showed the highest values for the following varieties: percentage of emergency (47,78 %), number of pods per plant (24,67), number of seeds per pod (6,83), total yield per net plot (1,32 kg of dry matter), and relation Benefit/Cost (1,54 USD), in relation to the other treatments in the same variety. In the same locality, the variety Quantum, irradiated with 30 Gy, showed the highest values for the following variables: percentage of emergency (82,22 %), survival percentage at the day 60 (60 %), plant height (43,83 cm), number of pods per plant (25,05), total yield per net plot (1,25 kg of dry matter), and relation Benefit/Cost (1,26 USD), in relation to the other treatments in the same variety. In the locality 2 (Experimental Farm La Pradera), the Big pink pea bean variety, irradiated with 30 Gy, showed the highest values for the following variables: percentage of emergency (53,34 %), number of days for flowering (66,33), number of pods per plant (9,49), total yield per net plot (1,29 kg of dry matter), and relation Benefit/Cost (1,52 USD), in comparison to the other treatments in the same variety. In the other hand, the variety Quantum, irradiated with 90 Gy, showed the best results in this locality: number of seeds per pod (7,47), total yield per net plot (130 kg of dry matter), and relation Benefit/Cost (1,31 USD).

(Key words: pea bean, mutation, gamma rays).

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

A principios del siglo XX surge la metodología de inducción de mutaciones por radiación ionizante. En una etapa inicial se utilizó rayos X, más tarde se emplearon las radiaciones gamma. En la fase de inducción de mutaciones, los investigadores trataron de obtener variaciones genéticas de importancia desde el punto de vista económico, el principal problema que se presentó fue, cuando se aumentaba la dosis de irradiación incrementaba el daño de la planta, por tal situación los científicos buscaron nuevos métodos de tratamiento por radiaciones y agentes químicos para obtener mutantes potencialmente superiores (Novak & Brunner, 1992).

En el mundo, con cierta regularidad, se producen mutaciones, son cambios permanentes en la secuencia del ADN y han sido fuentes primarias de la diversidad genética de la vida en la Tierra. Estas pueden ser espontáneas o inducidas; las espontáneas ocurren en todos los organismos vivos, las inducidas, en cambio, son empleadas en programas controlados para el mejoramiento genético de especies vegetales (Sariol, 2014).

La variabilidad causada por las mutaciones inducidas no es esencialmente diferente a la causada por las mutaciones espontáneas durante la evolución. El uso directo de las mutaciones es una herramienta muy valiosa para el mejoramiento de plantas, particularmente cuando se desea mejorar uno o dos caracteres fácilmente identificables de una variedad bien adaptada (Suarez, 2006).

En el proceso de inducción de mutaciones se puede utilizar diferentes agentes, entre los cuales están los físicos como: rayos Gamma, rayos X, neutrones rápidos y luz Ultra Violeta. El uso de radiaciones ionizantes permite modificar uno o varios caracteres de una variedad a la vez, sin cambiar significativamente su fondo genético, a esto se le ha denominado radiomutagénesis (Sariol, 2014). Previo a su utilización se debe realizar estudios para determinar la dosimetría apropiada, de igual forma dar a conocer al

mejorador sobre el efecto que tiene las radiaciones sobre el material vegetal utilizado (Singh, 1994).

Según la International Atomic Energy Agency (IAEA, 2007 citado por Navarrete, 2012), “en el período de 1969 al 2002, se registraron 2252 variedades mutantes de 163 especies en 62 países. De entre esas, 910 han sido obtenidas con rayos gamma, 61 con radiación gamma crónica, 48 con neutrones rápidos y 22 con neutrones termales”. Las variedades obtenidas por mutaciones pueden ser usadas directamente o como progenitores en programas de cruzamientos, tal es el caso de Cuba donde se ha empleado la inducción de mutaciones con muy buenos resultados en los programas de mejoramiento genético de arroz, soya, caña de azúcar, tomate, etc., a partir de las cuales se han registrado un grupo de variedades de importancia (Gonzales et. al., 2009).

Investigaciones realizadas en Argentina concluyen que, el uso de mutaciones inducidas ha dado logros de importancia como: la variedad de maní “Colorado Irradiado INTA” de mayor rendimiento y contenido de grasa, la variedad de limón “Eureka 22-INTA”, de superior calidad de frutos y rendimiento. Sin embargo a pesar de los logros mencionados, en Latinoamérica la utilización de la técnica ha sido escasamente aprovechada (Bologna, 2009). La ventaja de esta técnica es que, permite acortar los periodos de selección en comparación a los métodos convencionales (Salcedo, 2010).

Navarrete (2012), realizó una investigación cuyo objetivo fue observar la respuesta de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) a cuatro dosis de radiaciones gamma, y a su vez recomendó que a partir de sus resultados obtenidos en este caso la generación M1, se efectuó otro estudio para obtener la descendencia que será la M2, ya que, no se presentaron mutaciones beneficiosas en la Fase inicial que podrían manifestarse en generaciones posteriores. Por lo general las mutaciones inducidas por radiación gamma son recesivas y el gen dominante puede presentarse a partir de la generación M2.

1.2 Planteamiento del Problema

En la actualidad el mejoramiento genético de las plantas se lleva a cabo por medio de los métodos convencionales como: hibridación (intervarietal, interespecífica, intergenérica), selección artificial y cruzamiento selectivo, por medio de los cuales se ha obtenido la

mayor parte de las nuevas variedades producidas en el pasado; el grado o éxito en que se puede mejorar una especie por dichos métodos está limitada por la variabilidad genética que haya dentro de una especie y la disponibilidad de caracteres de interés para la utilización por el fitomejorador (Navarrete, 2012).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010), existe en el país muchas zonas cultivadas con esta leguminosa (arveja), pero en la mayoría de los casos los rendimientos no son satisfactorios debido a que la producción está limitada por factores abióticos como: heladas, sequías; y, factores bióticos como: plagas y enfermedades. A nivel nacional, las investigaciones sobre materiales de arveja tolerantes a algunos de los factores ya mencionados son pocas, por lo que es necesario buscar alternativas tecnológicas que le permitan al agricultor la disponibilidad de este tipo de materiales.

Según la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE, 2002), el uso de la semilla común, los cambios repentinos del clima y el monocultivo constituyen una desventaja desde el punto de vista fitosanitario, haciendo que el manejo de enfermedades producidas por patógenos como: *Ascochyta spp*, *Erisiphe pisi*, *Peronospora viciae*, *Pythium spp*, y *Fusarium spp*, sea costoso y complejo. La incidencia y persistencia de plagas y enfermedades disminuye los rendimientos, además elevan los costos de producción. Por otro lado contamina el ambiente debido al uso intensivo de agroquímicos y reducen las áreas de viabilidad del cultivo, limitando el crecimiento en términos de área cultivada, pese a las posibilidades de mercado.

En el Ecuador el 86,6% del área cultivada de arveja es realizada con semilla común (semilla no certificada) de cerca de 10.000 ha de siembra se cosecha aproximadamente 8.7 hectáreas, el 12% de las hectáreas de producción se ven afectadas por factores adversos del ambiente y/o ataque severo de plagas y enfermedades, como consecuencia los rendimientos son bajos (INEC, 2010).

1.3 Justificación

Para la población ecuatoriana el cultivo de arveja es de suma importancia para la seguridad y soberanía alimentaria, por ser parte de la dieta diaria y presentar características altas en proteína (5 – 7% en verde y del 20 – 23% en seco), por los ingresos que genera su

comercialización y la alta demanda en el mercado, se debe proporcionar mayor esfuerzo y atención a este cultivo, con el fin de aumentar la productividad y así disponer de un alto contenido proteínico a un bajo costo (Prado, 2008).

El mejoramiento genético en plantas mediante la inducción de mutaciones no resta valor a los métodos habituales, la técnica de mutagénesis inducida en plantas ha contribuido a la mejora de características deseables tales como: resistencia a patógenos, tiempo a floración, tolerancia a estrés hídrico, rendimiento, entre otras, para así garantizar el bienestar del agricultor y consumidor.

Existen en el país pocas investigaciones sobre la obtención de nuevos fenotipos a través de radiaciones, por tal situación se ha considerado necesario realizar la presente investigación con la finalidad de conocer, si la exposición de semillas a radiaciones gamma es adecuado y provoca efectos beneficiosos en el cultivo de las dos variedades arveja (Quantum y Arvejón rosado), con el propósito de que sirva de guía en programas de fitomejoramiento.

Pese a la utilidad del empleo de las radiaciones para generar mutaciones útiles, no se cuenta con referencias sobre el empleo de este tipo de tratamiento en esta leguminosa, por tal motivo, se procedió a dar secuencia al presente trabajo con el objetivo de evaluar la primera generación (M1) de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) Quantum y Arvejón rosado, proveniente de padres irradiados, y así determinar características agronómicas deseables que pueden ser empleadas en procesos futuros de mejoramiento genético.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar la primera generación (M1) de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) Quantum y Arvejón rosado, proveniente de padres irradiados, en las granjas experimentales de Yuyucocha y La Pradera, de la Universidad Técnica el Norte.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar agronómicamente cada uno de los tratamientos en estudio.
- Evaluar las características fenotípicas heredables a la generación M1.
- Comparar económicamente el mejor tratamiento.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis nula (H_0)

La generación M1 presenta las mismas características agronómicas de sus progenitores irradiados.

1.5.2 Hipótesis alternativa (H_a)

La generación M1 presenta diferentes características agronómicas de sus progenitores irradiados.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 Importancia y Objetivos de la Genotécnia

La Genotécnia Vegetal es la ciencia que estudia, los mecanismos de herencia de las características deseables en las plantas, y la metodología para mejorarlas (Mena & García ,1999) de igual forma da a conocer que los fitomejoradores se interesan por aumentar la productividad para obtener mayor cantidad de alimentos y fibras para así corresponder al continuo aumento demográfico; de la misma forma menciona los siguientes objetivos:

- Formar variedades que aprovechen con más eficiencia el agua, los nutrientes existentes en el suelo, los fertilizantes incorporados (suelo y follaje) y en general su medio ambiente; variedades con altos rendimientos y tolerantes a factores bióticos y abióticos.
- Obtener productos de calidad, un ejemplo es el mejoramiento genético del algodón donde se pretende obtener una fibra más larga y fuerte para beneficio de la industria; este objetivo importante es fundamental ya que de ello depende su acogida y comercialización en los diferentes mercados.
- Producir productos con buena presentación las cuales comprende los aspectos de tamaño, forma y color, más aún si el producto agrícola es destinado para exportación.

2. 2 Genotécnia y variación hereditaria

2.2.1 Mutaciones

Mena & García (1999) define a la mutación como, un cambio inesperado de una o varias características morfológicas o fisiológicas de una especie, mientras que para (Poelhman, 1992) una mutación, es un cambio inesperado en el material hereditario de una célula; la mutación pueden ser el resultado de un cambio en el gene de un alelo al otro, puede ser el

reacomodo de materiales cromosómicos; o pérdida o duplicación de segmentos cromosómicos.

Cubero (2003) afirma que: “la inducción de mutaciones es una herramienta para aumentar la variabilidad natural existente dentro de una especie, cuando ésta se haya reducido por una intensa selección o cuando no se encuentre lo que se desea”. Al inicio para inducir mutaciones en las plantas se utilizó los rayos X, más tarde en la “era atómica”, se emplearon las radiaciones gamma y de neutrones, ya que estos tipos de energía se podían obtenerse fácilmente en los centros de investigación nuclear recién creados (Novak & Brunner, 1992).

Una planta superior puede tener hasta 100.000 genes en una célula, aunque no es frecuente observar mutaciones en un gen en particular, lo manifestado significa que cada planta puede transmitir a la próxima generación una o más mutaciones espontáneas. Sin embargo, los científicos tienen que recurrir a la inducción de mutaciones ya que la variación genética parece ser bastante limitada y otro lado generalmente resulta difícil determinar mutaciones de genes sin expresiones fenotípicas (visibles). No se conoce otra alternativa de alterar los genes, salvo esperar con paciencia que se produzcan mutaciones espontáneas (Novak & Brunner, 1992).

En la actualidad existen en el mundo miles de cultivares inscriptos obtenidos por esta metodología. Se incluyen en esta lista, cultivos de gran importancia económica, como los principales cereales, oleaginosas, así como, numerosas especies de hortalizas y cultivos industriales; los caracteres que han sido mejorados son muy diversos: tolerancia a herbicidas, a estrés biótico o abiótico, calidad nutricional e industrial (Datta, 2005). Por ejemplo, trabajos realizados con rayos gamma en embriones somáticos de yuca, produjeron variaciones morfológicas en la planta y alteraciones en el rendimiento de raíces, contenido de amilasa y cianógenos (Joseph, Yeoh, & Loh, 2004).

2.2.2 Mutaciones Genéticas

Son los factores determinantes de la evolución y los cambios que provoca en la herencia para que un organismo estuviese mejor adaptado al medio ambiente o cualquier condición desfavorable, dando por resultado su sobrevivencia o su desaparición. De igual forma se

define como un cambio repentino de un gen en particular, y al individuo que manifiesta el cambio se le denomina mutante (López et. al., 2014).

2.2.3 Mutaciones naturales

Según López et. al., (2014), manifiesta que, las mutaciones naturales son las que se presentan cuando los cambios discontinuos del genotipo ocurren en animales y plantas en condiciones normales del medio ambiente en que se desarrollan los organismos. Adicionalmente, un ejemplo bien claro es la naranja sin semilla que es producto de mutaciones, ya que en Brasil, en un cultivo de naranjo dulce apareció una rama de fruto sin semilla, con ombligo y con otras características diferentes, este se propago por yemas y se estableció el nuevo cultivar Washington Navel (López et. al., 2014).

De forma natural la mutación de genes se puede producir por un error en la reproducción del ácido desoxirribonucleico (ADN), algunos de estas alteraciones pueden subsanarse, mientras que otros pueden pasar a la próxima división de la célula y establecerse como mutación espontánea en una especie (Novak & Brunner, 1992).

2.2.4 Agentes mutagénicos

Para López et. al., (2014), los agentes de mutaciones artificiales o inducidas son llamados mutágenos y se pueden agrupar en dos categorías: mutágenos físicos y mutágenos químicos, los cuales son utilizados para la generación de variabilidad y son capaces de alterar o cambiar la información genética de un organismo.

FÍSICOS: son capaces de ocasionar mutaciones, si estas son aplicadas en dosis exactas, en un lugar adecuado y en un momento oportuno. Dentro de estos mutágenos se encuentran varios tipos como: rayos X, luz ultravioleta, rayos gamma y algunas veces el efecto de centrifugación en general se clasifican en radiaciones ionizantes y no ionizantes (López et. al., 2014).

QUÍMICOS: son todos aquellos productos químicos que son mutagénicos tanto en animales como en plantas y que pueden afectar solo en algunos organismos y en otros no por presentar una acción restringida a estadios específicos del desarrollo o sexo. Las más

usadas son: ácido nitroso, sulfonatodietílico (DES), sulfonato de etilmetano (EMS), colchicina, etil-etano, sulfato, proflavina, nitrosaminas, y otros (Fernández, 2012).

2.2.5 Radiación

La radiación es una de las formas de transmisión de energía entre sistemas físicos, no es un proceso continuo sino intermitente, por medio del cual se transmiten elementos de energía denominados quanta (Fernández, 2012).

2.2.5.1 Radiación Ionizante

La radiación ionizante es toda aquella radiación capaz de producir iones, directa o indirectamente, debido a su interacción con la materia. Los efectos inmediatos de las radiaciones ionizantes son la fisión (ruptura) o la fusión (ligamento) de las moléculas de cadena larga como el ADN. Los rayos gamma son de longitud de onda corta y por lo tanto poseen más energía por fotón que los rayos X, el poder de penetración de los rayos gamma se obtiene de radioisótopos como lo son el Cobalto 60 (Co^{60}) y el Cesio-137, que son las fuentes principales usadas en trabajos radiobiológicos (Fernández, 2012).

2.2.5.2 Radiación Gamma

Fernández (2012) indica que, las macromoléculas como el ácido desoxirribonucleico (ADN) son más sensibles a la radiación por lo que se producen alteraciones en su reproducción. Debido a su mayor poder de penetración, la radiación gamma es la que se usa para las aplicaciones en agronomía, para modificar las características de las plantas, semillas, etc.

Los rayos gamma constituyen energía radiante en forma de onda electromagnética que corresponden, en el espectro electromagnético, a un rango de frecuencias desde 10^{19} hasta 10^{22} Hertz. Por tanto son mucho más energéticos que los demás componentes del espectro: ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, rayos ultra violetas y rayos x. Están constituidos, como todas las ondas de este espectro, por campos eléctricos y magnéticos que oscilan perpendicularmente entre sí y en fase y que se propagan a la velocidad de 3×10^8 m/s (López et. al., 2014).

Fernández (2012) menciona que, en los procesos de irradiación de la Comisión Nacional de Energía Atómica emplean esta forma particular de ondas electromagnéticas, o sea la radiación Gamma, que se conoce también como radiación ionizante o "energía ionizante". La fuente más comúnmente utilizada de rayos Gamma es el Cobalto – 60, los diversos productos y substancias son tratados con energía ionizante emitida por Cobalto - 60 en una instalación conocida como irradiador o planta de irradiación.

2.2.5.3 Cobalto 60 (Co^{60})

El Cobalto 60 (Co^{60}) es un isótopo radiactivo emitido en un reactor nuclear. Para uso práctico se fabrica encapsulado en cilindros de acero inoxidable y siempre en el interior de un contenedor de plomo o hierro que blindará la radiación. Además, el Co^{60} es un metal que se caracteriza por emitir energía en forma de rayos llamados Gamma (g). Se lo obtiene a partir del Cobalto en su estado natural, llamado Cobalto 59, cuando es expuesto a un flujo de alta velocidad de partículas muy pequeñas llamadas neutrones. Estos neutrones son parte constitutiva de los átomos que componen la materia (Fernández, 2012).

2.2.6 Efectos y beneficios de la aplicación de radio inducción de mutaciones con fuente de Cobalto 60 (Co^{60}), en los diferentes campos

La utilización de los rayos gamma con fuente Cobalto 60 (Co^{60}) para inducir mutaciones es un objeto de estudio muy amplio; sus aplicaciones principales son las siguientes: inducción de mutaciones para el mejoramiento genético en plantas (fitomejoramiento), esterilización de material médico y quirúrgico (medicina) e irradiación de graneros durante el almacenamiento (post-cosecha).

2.2.6.1 Fitomejoramiento

Las mutaciones son fuente de variabilidad genética en los organismos. El uso directo de las mutaciones es una herramienta muy valiosa para el mejoramiento de plantas, particularmente cuando se desea mejorar una o dos caracteres fácilmente identificables en una variedad bien adaptada (Suárez, 2006).

Se designan generación M1 al resultado de las plantas que crecen a partir de semilla que han sido sometidas a un tratamiento mutagénico; como efecto de las dosis de irradiación en esta generación se puede manifestar gran diversidad de formas tales como: depresiones del crecimiento, ahijamiento disminuido o elevado, hojas pequeñas y diferentes anomalías durante el desarrollo, además se observan en la mayoría de los casos alteraciones en la parte inferior de la planta, procedentes de las células irradiadas directamente (Raoul, 2000).

La exposición de rayos gamma o rayos X mediante inducción de mutaciones en semillas secas es el método más conveniente para crear variabilidad genética en especies de leguminosas (Ceccarelli et. al., 2009 citado por López et. al., 2014). A más de lograr variabilidad dentro de una especie esta metodología permite obtener características favorables que se han perdido en la naturaleza o durante el proceso evolutivo; cuando no encuentran en el banco de genes, en particular un gen resistente a una enfermedad o tolerancia a cambios adversos del ambiente los Fitogenetistas acuden a inducir mutaciones (Novak & Brunner, 1992).

En determinados casos la mayor parte de las mutaciones inducidas pueden permanecer ocultas en la generación **M1** o las variaciones que presenta pueden representar modificaciones, sin ninguna importancia mejorada. Generalmente las mutaciones van desde el estado alélico dominante hasta el recesivo en su mayoría, no es muy frecuente la dirección contraria y finalmente hay una pequeña posibilidad de que una mutación ocurra simultáneamente en ambos alelos de un gen. Por lo mencionado mayormente no es fenotípicamente reconocible la generación **M1**, sino que se hace visible por primera vez en la generación **M2** (Señudo & Betancourth, 2005).

Por el corto tiempo que implica esta metodología, en la generación **M2** se pueden observar los cambios favorables para el cultivo por lo que en esa etapa es recomendable iniciar la selección para la creación de nuevas variedades, mientras que la selección más favorable para las mutaciones de caracteres cuantitativos o difícilmente reconocibles es en la generación **M3**. En investigaciones realizadas en arroz (Yoshida, Tsuru & Kitahara, 1969 citado por Gonzales & Ramirez, 2002) concluyen que la generación **M4** fue la etapa más conveniente para iniciar la selección de mutantes.

Se pueden utilizar como material de partida en programas de mejoramiento, a las variedades mutantes o conservadas en los bancos de germoplasma, con el propósito de recombinar características útiles para de esa forma obtener nuevas mejoras; la metodología de inducción de mutaciones es muy útil, ya que permite generar variación genética en caracteres cualitativa o cuantitativa en una especie, lo cual es difícil obtener con métodos tradicionales (Urbano, 2000).

Uno de los cultivos mejorados por inducción de mutaciones es la cebada donde se tratan varios lotes de semilla con diferentes dosis de radiación gamma, con la idea de que debería ser posible conservar la buena calidad de las variedades originales y obtener mutantes cuya espiga fuese menos frágil. Fue posible obtener mutantes que, no se desprenden con facilidad al ser cosechadas. Para el éxito de estos trabajos es indudable que el sistema de selección empleado, es un factor muy importante en la eficiencia del método (López et. al., 2014).

2.2.6.2 Medicina

La utilización de los rayos gamma con fuente de Cobalto 60 (Co^{60}) para la esterilización de biomateriales es una técnica comúnmente utilizada por su alta eficiencia; la ventaja de esta técnica es que durante el proceso no utilizan sustancias tóxicas, la dosis de radiación utilizada para dichos procesos es de 25 Gy (Duarte, Neves, Bressiani, & Gonzáles, 2012).

2.2.6.3 Postcosecha

Los rayos gamma pueden ser usados como una estrategia para controlar el ataque de insectos en graneros durante el almacenamiento. En el mundo se pierde en promedio el 20% de las cosechas durante el almacenamiento y este porcentaje es mayor en los países de tercer mundo (Fernández, 1991). Trabajos realizados manifiestan que, se han utilizado rayos gamma del Cobalto 60 (Co^{60}) para destruir la población de insectos (Coleópteros, Lepidópteros) en las diversas formas metamórficas en muestras de maíz (*Zea mays* L) (Revetti, 1972).

Investigaciones realizadas por Revetti (1972) determina que, los análisis efectuados no llega a modificar características organolépticas (acidéz) o nutricionales (insaturación)

del grano, como efecto de la irradiación, lo cual pudiera motivar rechazo al consumidor o exigir métodos de enriquecimiento del producto; la dosis deberá estar comprendida entre 20 y 30 Gy para garantizar la mayor efectividad. Adicionalmente, los sistemas comerciales autorizados por la FDA (Food and Drug Administration, USA) para su uso en el almacenamiento de alimentos (hasta una dosis de 1000 Gy) son de rayos gamma (de Cobalto - 60 o de cesio 137), (Yahia & Flores, 2001).

En 1956, las irradiaciones gamma (Co^{60}) fueron sugeridas para el control de algunos insectos en Hawái alrededor de 1.000 Gy son normalmente mayores a aquellas toleradas por la mayoría de los frutos y hortalizas; sin embargo la dosis de 150 – 300 Gy pueden prevenir el desarrollo de la emergencia del insecto adulto y la reproducción, la eficiencia disminuye cuando las larvas se encuentran en un medio líquido y/o a bajas concentraciones de O_2 como es el interior de las frutas (Yahia & Flores, 2001).

Adicionalmente, las irradiaciones especialmente con rayos gamma a dosis bajas (0,05 – 0,15 Gy) son utilizados en algunos países Europeos para el control de la brotación durante el almacenamiento de las papas y las cebollas; la USDA (Secretaría de Agricultura en EUA) autorizó el uso de la irradiación como un tratamiento cuarentenario en papaya (en Hawái) para el control de las larvas de la mosca oriental (*Bactrocera dorsalis*), la mosca del Mediterráneo (*C. capitata*) y la mosca del melón (*B. cucurbitae*) (Yahia & Flores, 2001)

2.2.7 Desventaja del uso de Radiación gamma con fuente de Cobalto 60 (Co^{60})

Los rayos gamma producidos por Co^{60} y Cesio 137 (los más utilizados en la industria) causan ionizaciones cuando colisionan con la materia y además liberan radicales libres (sobre todo en alimentos con alto contenido de agua) que puede causar daños celulares. Además el uso de esta tecnología todavía no es muy aceptada por parte del consumidor (Yahia & Flores, 2001).

Los cambios inducidos por los agentes mutagénicos como las radiaciones gamma, producen tanto efectos benéficos o positivos como negativos, obviamente un mejorador de plantas tendrá que establecer mecanismos de selección para identificar los efectos positivos que se produzcan después de la irradiación; las altas dosis de irradiación sometidos a

materiales poliméricos como efecto predominante pueden provocar rupturas de diferentes enlaces químicos (Navarro, 1985).

En una especie la alteración de las propiedades mecánicas tales como la presencia de coloración amarilla, oscurecimiento y/o la fragilización del material es un fenómeno visible ocasionado por la degradación de polímero, a su vez es mayor cuando el material está expuesto a altas dosis de irradiación (Duarte et. al., 2012).

2.2.8 Herencia

Mendoza (2007) menciona que, “es la transmisión de caracteres hereditarios de los progenitores, la progenie. En la reproducción sexual, la tendencia de la progenie es asemejarse a sus progenitores”.

2.2.9 Heredabilidad

Para Mendoza (2007), la heredabilidad es la variabilidad observada en una descendencia que se debe a la herencia, el resto se debe a la acción del medio, más estrictamente la proporción de la variabilidad observada, debida a los efectos aditivos de la de los genes; es la proporción de la varianza genética que hay en el total de la varianza fenotípica en caracteres cuantitativos.

2.2.10 Características fenotípicas

En la naturaleza es muy difícil encontrar dos individuos que tengan fenotipos idénticos ya que describe todos los aspectos visibles como la forma, tamaño, color entre otros; por pequeña que sea siempre existe alguna diferencia al menos un poco en su genotipo; por otro lado se encuentran fenotipos similares cuando provienen de la reproducción asexual (por ejemplo, propagación vegetativa) y crecen bajo condiciones controladas (Martínez, 2003).

No todas las mutaciones son detectadas inmediatamente, quizá la gran mayoría son recesivas y deben ser homocigóticas para que puedan expresarse, por lo que las semillas irradiadas deben ser llevadas a una segunda generación para que puedan manifestarse las mutaciones (López *et. al.*, 2014).

2.3 Arveja

2.3.1 Generalidades

La arveja es considerada como una hortaliza o legumbre que pertenece a la familia de las leguminosas; es una planta herbácea que según su variedad presenta hábito de crecimiento rastrero o trepador, el órgano de consumo para el ser humano es su semilla ya sea en estado verde o seco siempre y cuando los granos de las vainas estén bien formados y libre de enfermedades, la semilla está formada por el embrión y la testa que lo protege (Martinez & Lee, 2003).

“En la actualidad en América Latina se cultivan una gran diversidad de leguminosas tales como: alfalfa, trébol, arveja, fréjol, soya entre otros, de todos ellos para el consumo humano los más importantes son el fréjol y la arveja” (Parsons, 2010).

En las provincias de la sierra ecuatoriana la arveja es una especie que se cultiva en los más diversos agro ecosistemas a altitudes que oscila entre los 2400 y 3200 msnm, en diferentes épocas del año, debido a que se puede cosechar entre los 90 y 120 días es posible cultivar dos ciclos al año, los campesinos la siembran solo, o asociado con el maíz y en promedio se cosechan alrededor de 22.000 hectáreas por ello es considerada de suma importancia en los sistemas de producción (Peralta & Murillo, 2001).

Las zonas de mayor aptitud agroecológica para el desarrollo del cultivo de arveja se localizan en los valles secos y templados de la sierra ecuatoriana tales como: Mira, Valle del Chota, Pimampiro, Ibarra, Valle de Guayllabamba, San Antonio de Pichincha, Machachi, Latacunga, Ambato, partes bajas de Píllaro, Chambo, Penipe, Guamote, Azogues, Girón, Vilcabamba, La Toma, Loja. Mientras que en las provincias de Santa Elena y Manabí (Valle del Portoviejo) se puede desarrollar este cultivo bajo condiciones de riego por poseer ciertas limitaciones biofísicas (Peralta & Murillo, 2001).

2.3.2 Descripción Taxonómica

La descripción taxonómica de la arveja se encuentra en el siguiente cuadro.

Tabla 1. Clasificación taxonómica

Grupos taxonómicos principales.	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Genero	Pisum
Especie	Sativum L.
Nombre científico	Pisum sativum L.
Nombre Común	Arveja, alverja, guisante, chícharo

Fuente: (Villarroel, 1991)

2.3.3 Morfología

Para Westphal (1979), la arveja es una planta trepadora, que de acuerdo a la variedad presenta diferente hábito de crecimiento la misma que puede ser arbustiva (enana) o decumbente (semi-enana), su altura varía de 30 a 150 cm; sus características morfológicas se lo describen a continuación:

Raíz. Presenta una raíz principal bien desarrollada y raíces secundarias abundantes, las cuales contienen nódulos que constituyen el hábitat de bacterias del género *Rhizobium*, las que fijan el nitrógeno atmosférico; cuando las raíces se descomponen en el suelo se libera el nitrógeno enriqueciendo el suelo.

Tallo. El tallo puede ser trepador, largo, delgado, cilíndrico, hueco, liso, más o menos ramificado.

Hojas. Presenta hojas alternas, con dos o tres pares de foliolos y zarcillos ramificados de los que se vale la planta para sujetarse o trepar.

Flores. Las flores aparecen solitarias, en pares o racimos axilares, generalmente aisladas, de color blanco, púrpura o violáceo, según la variedad.

Inflorescencia. Las inflorescencias son racimos con brácteas en su base, sus estipulas foliáceas grandes, mayores que los foliolos de forma oval lanceolada, abrazan al tallo en cada nudo en su parte basal.

Fruto. El fruto es una vaina lineal, ligeramente curvada, más o menos gruesa de forma cilíndrica o aplanada, con dehiscencia o sin ella, puede alcanzar una longitud de 5 a 10 cm.

Semilla. La semilla es de forma esférica, color blanco, blanco cremoso, verde claro, gris o amarillo claro, de superficie lisa o arrugada, según la variedad. El número de semillas por vaina varía entre 3 y 10 dependiendo la variedad.

2.3.4 Fenología

El desarrollo y el ciclo de vida se relacionan con las condiciones ambientales independientemente de la variedad, como por ejemplo las altas temperaturas durante el verano incitan a una maduración temprana y disminuyen los niveles de producción cuando las condiciones son adversas (Prieto & Antonelli, 2008).

La arveja presenta germinación hipogea lo que significa que sus cotiledones permanecen bajo tierra, con el contenido de humedad entre 20 y 30°C la semilla de arveja germinan a los 4 o 6 días después de la siembra (Lorente & Yuste, 2007).

Cuando emerge la planta seguidamente comienza a desarrollar el primer par de hojas verdaderas y a su vez se desprenden las falsas hojas, a los 10 o 15 días transcurridos desde la siembra, la plúmula da paso al primer par de hojas verdaderas a partir de ese momento se hace visible el epicótilo, estructura que lleva consigo dos hojas rudimentarias llamadas brácteas trifidas (Robles, 2002).

Cuando la planta desarrolla las primeras hojas verdaderas comienza el desarrollo vegetativo etapa donde se forman los nudos vegetativos y el tallo principal comienza a ramificarse a partir del segundo nudo. El tallo inicia con su crecimiento y seguidamente

van apareciendo, las hojas, foliolos y zarcillos; el tallo principal y las ramas continúan con su desarrollo pero en menor tamaño, en promedio la floración inicia 40 o 45 días dato que puede variar de acuerdo a la variedad (Villarreal, 2006).

Los botones florales presentan cinco sépalos totalmente unidos que encierran el resto de la flor las mismas que al formarse crecen encerrados por las hojas superiores. Posteriormente, los botones aparecen entre las hojas aún no desplegadas que los circundan, poco antes de que presente las flores una pequeña abertura se produce la fecundación. El proceso explicado se va produciendo secuencialmente en los nudos reproductivos del tallo principal. Cabe mencionar que el estado de floración es cuando aproximadamente un tercio de los nudos reproductivos presenta sus flores abiertas (Faiguenbaum, 1990).

El proceso de fecundación consiste en que, la dehiscencia de las anteras se realiza antes de la apertura de la flor, agrupándose el polen en los extremos de la quilla, a su vez esta se presenta en horas de máxima intensidad solar con duración de dos a tres días (Villarreal, 2006).

A los 125 días transcurridos desde la siembra y con una duración de 25 días aproximadamente el proceso continuo a la fecundación es la formación de vainas donde los pétalos se vuelven al ovario fecundado, a continuación se marchitan y se desprenden, dejando en evidencia una vaina pequeña rodeada con filamentos de estambres, las cuales posteriormente se secan y caen. Cabe mencionar que las vainas de los primeros nudos reproductivos, sufren un retraso en el crecimiento las cuales se uniformizan al llegar al estado de madurez para consumo en verde (Villarreal, 2006).

Antes de que las vainas alcancen su longitud máxima comienza la división celular de los granos, en este proceso los granos durante los primeros días crecen muy lentamente, entran muy pronto en una fase de rápido crecimiento y progresivo, este se va haciendo cada vez mayor hasta alcanzar un buen llenado de las vainas y llegar al estado de madurez para consumo en verde (Faiguenbaum, 1990).

2.3.5 Características agronómicas de las variedades evaluadas

2.3.5.1 Arvejón rosado

Muñoz (2013) menciona que, es una leguminosa que presenta vainas ligeramente curvadas, con 7 cm de longitud y 6 a 8 granos por vaina, la forma del grano es oblongo y rugoso de color verde; es una variedad semitardia con hábito de crecimiento decumbente la floración inicia a los 63 días y se cosecha a los 101 días en estado verde.

2.3.5.2 Quantum

Rea (2012) manifiesta que, es una planta de crecimiento erecto de 60 cm de altura, con semillas arrugadas y se caracteriza por tener un buen vigor la planta, produce tres vainas por racimo, 6 a 7 granos por vaina, con excelente color y buen llenado de vainas lo que la hace muy apetecida en el mercado; precoz y su producción promedio es de 12,5 Tm/ha ideal para cultivos de verano.

CAPÍTULO III

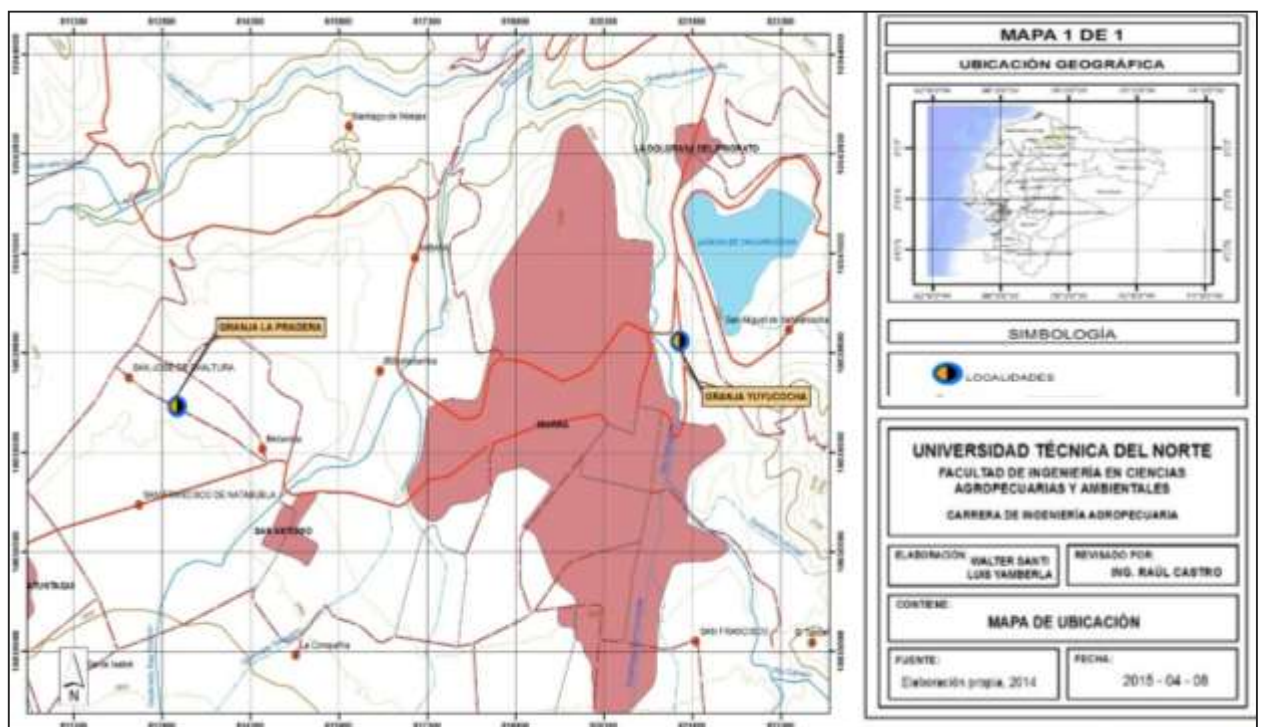
3. METODOLOGÍA

3.1 Caracterización del área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica de las localidades

El presente trabajo de investigación se realizó en dos localidades: Granja Experimental de Yuyucocha y La Pradera (Graf 1).

Gráfico 1. Ubicación del área de estudio



Ubicación Localidad 1:

Provincia: Imbabura

Parroquia: Caranqui

Cantón: Ibarra

Lugar: “Granja Experimental Yuyucocha”

Altitud: 2256 m.s.n.m.

Latitud: 00° 19'47'' Norte

Longitud: 78° 07'56'' Oeste.

Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica la Granja de Yuyucocha, 2013.

Ubicación Localidad 2:

Provincia: Imbabura

Parroquia: Chaltura

Cantón: Antonio Ante

Lugar: **“Granja Experimental La Pradera”**

Altitud: 2350 m.s.n.m.

Latitud: 00° 21' 32.31" Norte

Longitud: 78° 12' 15.02" Oeste.

Fuente: (Proaño, 2007).

3.1.2 Condiciones climáticas

Las características climáticas que presentan estas dos zonas son:

La “Granja Experimental Yuyucocha”.

- Temperatura promedio anual: 17,7 ° C
- Precipitación promedio anual: 525 mm
- Humedad relativa promedio: 72 %

Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica Granja de Yuyucocha, 2013.

La “Granja Experimental La Pradera”.

- Temperatura promedio anual: 16,4 ° C
- Precipitación promedio anual: 500 mm
- Humedad relativa promedio: 68,9 %

Fuente: (Proaño, 2007).

3.1.3 Características edáficas

Las zonas de estudio presentan las siguientes características edafológicas:

La “Granja Experimental Yuyucocha”.

- Textura: franco arenoso.
- Consistencia: seco blanda.
- Topografía: pendiente del 0 – 3% (ondulado).
- Ph: 7,20

Fuente: (Lara, 2007).

La “Granja Experimental La Pradera”.

- Textura: franco, franco arenoso.
- Consistencia: seco blanda.
- Topografía: Pendiente del 5%.
- Ph: de 7,00 (neutro)

Fuente: (Proaño, 2007).

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Materiales

3.2.1.1 Material Experimental

- Semillas de Arvejón rosado (provenientes de padres irradiados).
- Semillas de Arveja quantum (provenientes de padres irradiados).

Las semillas que se utilizó en la presente investigación, son el resultado de la cosecha obtenido en campo, provenientes de semillas sometidas a diferentes niveles de irradiación: (0,30, 60,90 y 120Gy); realizado en la Granja experimental de Yuyucocha, parroquia Caranqui, cantón Ibarra.

3.2.1.2 Insumos

Fertilizante químico

- Sulfato de amonio
- Muriato de potasio
- 18-46-0
- Urea (46-0-0)
- Abono foliar (contenga micronutrientes como: B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn)
- Insecticidas y fungicidas

3.2.1.3 Materiales de campo

- GPS
- Flexómetro
- Bomba de mochila
- Azadón

- Pala
- Rastrillo
- Combo
- Piola
- Letreros
- Estacas
- Cámara Fotográfica

3.2.2 Equipos

3.2.2.1 Campo

- Computador
- Impresora

3.3 Factores en estudio

En la presente investigación los factores en estudio fueron las variedades y las diferentes dosis de irradiación (30, 60, 90 y 12 Gy) ya incluidas en cada cultivar las mismas que se detallan a continuación:

Factor A: Variedades de Arveja (V)

V1= Arvejón rosado

V2= Arveja Quantum

Factor B: Generación M1 (G)

Generación M1 (0 Gy)

Generación M1 (30 Gy)

Generación M1 (60 Gy)

Generación M1 (90 Gy)

Generación M1 (120 Gy)

3.3.1 Tratamientos

El resultado de la interacción de los factores en estudio originaron los siguientes tratamientos:

Tabla 2. Descripción de los tratamientos, en las granjas experimentales “Yuyucocha y La Pradera”.

Nº Trat.	Variedades	Generación M1
T1	Arvejón Rosado	Generación M1 (0 Gy)
T2		Generación M1 (30 Gy)
T3		Generación M1 (60 Gy)
T4		Generación M1 (90 Gy)
T5		Generación M1 (120 Gy)
T6	Quantum	Generación M1 (0 Gy)
T7		Generación M1 (30 Gy)
T8		Generación M1 (60 Gy)
T9		Generación M1 (90 Gy)
T10		Generación M1 (120 Gy)

3.4 Diseño Experimental

Para la investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (D.B.C.A) con tres repeticiones.

3.4.1 Características del experimento

Tratamientos: 10

Repeticiones: 3

Unidades Experimentales por localidad: 30

Total de unidades experimentales: 60

Área total por localidad: 457,20 m²

Área total del experimento: 914,40 m²

3.4.1.2 Características de la Unidad Experimental para las dos localidades.

Área de la Parcela: 9,45 m²

Parcela Neta: 4,41 m²

Densidad de siembra 0,35 m entre planta y 0,60 m entre surco.

Sistema de Siembra: Convencional, 2 semillas por sitio.

3.4.2 Esquema del análisis estadístico

El esquema del análisis de varianza que se utilizó para el ensayo fue el siguiente.

Tabla 3. Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

Fuentes de Variación	GL
Total	29
Bloques	2
Tratamientos	9
Variedades	1
Dosis	4
V x D	4
Error Experimental	18

CV = %

$\bar{X} =$

3.4.3 Análisis funcional

Se realizó el análisis de varianza (ADEVA) de los resultados recopilados en campo, de igual forma en caso de detectar diferencias significativas para algún componentes del ADEVA (tratamiento, variedad y/o dosis) se utilizó la prueba de LSD Fisher al 5%.

3.5 Variables evaluadas

Para la presente investigación, la recopilación de datos para la mayoría de las variables evaluadas se obtuvo de la población existente en la parcela neta, excepto la variable porcentaje de emergencia la cual se adquirió de la parcela total.

3.5.1 Porcentaje de emergencia

Se evaluó a los 15 días después de la siembra, contabilizando el número de plantas emergidas con relación al número de semillas sembradas dentro de la parcela total (Anexo 7).

3.5.2 Porcentaje de sobrevivencia

Se valoró cada 30 días, desde la emergencia hasta la floración (antes de los 100 días), contabilizando las plantas existentes dentro de la parcela neta (Anexo 8 y 9).

3.5.3 Días a la floración

Se contabilizó los días transcurridos desde la siembra hasta el apareamiento de las primeras flores (cuando se observó la presencia de flores, aproximadamente un 60% dentro de cada parcela neta) (Anexo 10).

3.5.4 Altura de plantas

Se registró la altura en centímetros de las plantas existentes dentro de la parcela neta, medido desde la base (cuello de la raíz) hasta el punto apical del brote terminal (altura a la floración y a la madurez fisiológica) (Anexo 11 y 12).

3.5.5 Número de vainas por planta

Se contabilizó el número de vainas de cada planta existente en la parcela neta y se estableció un valor promedio por unidad experimental (Anexo 13).

3.5.6 Número de granos por vaina

Se determinó el promedio de 30 vainas tomadas al azar de la parcela neta luego de la cosecha, y posteriormente este dato se lo expreso en número promedio de granos por vaina (Anexo 14).

3.5.7 Rendimiento de grano seco

Se determinó pesando los granos obtenidos producto de la cosecha libre de impurezas, obtenidos del total de la parcela neta y este valor se los expresó en kilogramos por hectárea (Anexo 15).

Los resultados obtenidos de las variables con excepción del rendimiento en grano seco, serán comparados con los datos expresados de la primera fase (Generación M0) (Anexo 4).

3.6 Manejo específico del Experimento

3.6.1 Obtención de la semilla de la generación M1

La semilla se adquirió en la ciudad de Ibarra por la Ing. Cristina Navarrete en el mes de Febrero del año 2013, la misma que era procedente de la producción obtenida en la primera fase. Cabe recalcar que en la primera fase la semilla antes de ser sembrada fue sometida a diferentes dosis de irradiación a base de Cobalto 60 (Co^{60}).

A su vez, todas las labores del manejo del experimento fueron iguales para las dos localidades, a excepción de la fertilización, ya que los resultados del análisis de suelo variaban un poco y por ende las cantidades de los productos a utilizarse.

3.6.2 Preparación del terreno

Se realizó las labores de arada, rastrada con tractor y luego se procedió a efectuar los canales para el riego y el surcado manualmente.

3.6.3 Delimitación del terreno

Con una cinta métrica se realizó la medición de las unidades experimentales y delimitación del ensayo tal como se lo representa en el (Anexo 3).

3.6.4 Fertilización

Previo a realizar la fertilización se interpretó el análisis químico de suelo de las dos localidades, los resultados y recomendaciones se lo representa en el (Anexo 5 y 6).

Los fertilizantes que se utilizaron durante la investigación fueron similares, tal como se lo detalla a continuación.

➤ ***Localidad 1 (Granja Experimental de Yuyucocha)***

La fertilización se la realizó de la siguiente manera: 2.00 kg de 18-46-0 + 1.00 kg de sulfato de amonio al momento de la siembra. A los 40 días después de la siembra se aplicó 1.00 kg de sulfato de amonio + 1.00 kg de muriato de potasio y Urea en banda lateral a una distancia de 10 cm de las plantas.

➤ ***En la Localidad 2 (Granja Experimental La Pradera)***

La fertilización para el ensayo neto fue de la siguiente manera: 2,84 kg de 18-46-0 al momento de la siembra, 1,42 kg de sulfato de amonio + sulfato de potasio granular y Urea a los 40 días de la siembra en banda lateral a una distancia de 10 cm de las plantas.

Para corregir las deficiencias de boro en los ensayos se aplicó: 114 cc de bórax (en forma disuelta con agua con la bomba de mochila después de la siembra). Además dos aplicaciones foliares de micro elementos completos, en el crecimiento (Nutri-plant 100 gr en 20 litros de agua) y al inicio de la floración (Florcuaje, 10 cc en 20 litros de agua).

3.6.5 Siembra

Esta labor se efectuó de forma manual depositando dos semillas por golpe, ubicándolas a un costado del surco a una distancia de 0.35 por 0.60 m. Cabe mencionar que al tercer día de la siembra se aplicó un herbicida pre-emergente (Linurex, 80 gr en 20 litros de agua) para evitar el incremento de malezas en la etapa inicial del cultivo.

3.6.6 Labores Culturales

➤ ***Deshierbas y Aporques.***

Las deshierbas se realizó manualmente, según como fue conveniente para el desarrollo del cultivo, junto con la primera deshierba se realizó el medio aporque para evitar el acame.

Se realizó los controles fitosanitarios necesarios cuando se observó la presencia de plagas o enfermedades en niveles que puedan causar daño para el óptimo desarrollo del cultivo.

El riego se estableció de acorde a la necesidad, observando la capacidad de campo y el comportamiento del cultivo.

➤ *Controles Fitosanitarios*

Durante el ciclo del ensayo se observó la presencia de algunas enfermedades como: la pudrición de la raíz (*Fusarium*), Antracnosis y la cenicilla, para controlar esta enfermedad se aplicó al cuello de la raíz productos a base de: Thiofanato Metílico y Benomil 40 gr, para cenicilla y Cimoxanilo (Curzate 60 gr) + Difeconazol (Acor) para la antracnosis.

Se detectó la presencia de insectos como: minadores, trips y trozadores; para realizar el control para los minadores de hoja y trips se utilizó productos a base de deltametrina (Decis, 10 cc) y Cipermetina (Shyper 15 cc), mientras que para los trozadores se utilizó el insecticida (Lorsban, 30 cc). Todas las cantidades ya mencionadas, disueltas en 20 litros de agua.

3.6.7 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual en un periodo de 30 días, conforme las vainas de las plantas de la parcela neta fueron alcanzando un estado óptimo de madurez en seco, es decir, con un contenido aproximado de 18 – 20 % de humedad en las semillas. Esta labor se efectuó cuidadosamente para evitar pérdidas por desprendimiento de las vainas, tomando en cuenta que el material genético que se obtuvo se evaluará en una siguiente investigación.

No está demás recalcar que todas las actividades de manejo del experimento se realizó por igual en las diferentes localidades (Chaltura y Yuyucocha) (Anexo 24).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados de la investigación, donde se muestran los efectos de las diferentes dosis de irradiación gamma (Co^{60}) en la generación M1 sobre el comportamiento agronómico de dos variedades de arveja: Arvejón Rosado y Quantum.

Estas variables fueron evaluadas bajo el análisis de varianza a un nivel de 5%, para las variables que presentaron significancia se empleó la prueba de LSD Fisher ($\alpha=0.05$).

4.1 Porcentaje de emergencia.

El análisis de varianza realizado sobre los datos obtenidos para porcentaje de emergencia indicó presencia de diferencias estadísticamente significativas para interacción localidad y tratamiento ($p = 0.0009$) tal como se lo representa en la (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza para porcentaje de emergencia

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	2313.59	<0.0001
Dosis/Variedad (Tratamiento)	9	38	118.00	<0.0001
Localidad	1	38	5.51	0.0242
Tratamiento/Localidad	9	38	4.15	0.0009

Como se puede observar en la (Tabla 5), para interacción tratamiento y localidad muestra los datos correspondientes a la prueba de promedios de LSD Fisher para este carácter, donde se puede observar la presencia de diez rangos de significancia siendo los siguientes: en el rango “A” de mayor porcentaje de emergencia (mayor al 80%) se ubicaron la variedad Quantum a dosis de 30 Gy en las dos localidades (Chaltura y Yuyucocha) con valores que superan el 80 % de emergencia al igual que el testigo en la localidad Chaltura; dentro de los rangos G, H, I, J presentan porcentajes inferiores al 35 % de emergencia para la variedad Arvejón rosado con dosis de 60, 90, y 120 Gy, característica que se repite en las dos localidades, cabe mencionar que el porcentaje de emergencia del testigo para la variedad Arvejón rosado fue de 53 % (Figura 1).

Tabla 5. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (Dosis /Variedad) para la variable porcentaje de emergencia.

Localidad	Dosis (Gy)/Variedad	Medias	E.E.						
Yuyucocha	30 Quantum	82.22	6.42	A					
Chaltura	30 Quantum	80.37	6.42	A					
Chaltura	0 Quantum	80.37	6.08	A					
Chaltura	60 Quantum	76.67	7.12	A	B				
Chaltura	90 Quantum	76.67	4.54	A	B				
Yuyucocha	120 Quantum	74.45	6.16	A	B				
Yuyucocha	90 Quantum	70.00	4.54	A	B	C			
Chaltura	120 Quantum	64.81	6.16	A	B	C	D		
Yuyucocha	60 Quantum	59.26	7.12		B	C	D	E	
Yuyucocha	0 Quantum	59.26	6.08		B	C	D	E	
Yuyucocha	0 Arvejón R	54.08	6.64			C	D	E	
Chaltura	30 Arvejón R	53.34	4.63				D	E	
Chaltura	0 Arvejón R	53.34	6.64				D	E	
Yuyucocha	30 Arvejón R	47.78	4.63				E	F	
Chaltura	60 Arvejón R	38.89	1.64					F	G
Yuyucocha	120 Arvejón R	34.45	2.40						G
Chaltura	120 Arvejón R	33.33	2.40						G
Yuyucocha	60 Arvejón R	24.44	1.64						H
Chaltura	90 Arvejón R	19.26	0.59						I
Yuyucocha	90 Arvejón R	17.41	0.59						J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Se observó que los diferentes niveles de radiación tuvieron efecto sobre la capacidad de germinación de las semillas de arveja, tal como se lo pudo apreciar en la (Tabla 5), en las dos localidades la variedad Arvejón rosado a dosis de 90 Gy tuvo un efecto negativo en relación a esta variable, ya que la población emergida fue inferior al 20 %. Estos resultados concuerdan con lo manifestado por (Iglesias et. al, 2010), donde menciona que “una de las reacciones inmediatas que aparece después de la irradiación es la inhibición de la división celular, aunque su grado y duración varían con la dosis” (p. 9).

Por el contrario los resultados obtenidos para la variedad Quantum de la población testigo, presenta diferencias en porcentaje de emergencia según localidad, siendo del 80,37 % en Chaltura y del 59,26 % en Yuyucocha, probablemente esta característica está asociada a las condiciones agroclimáticas de cada localidad.

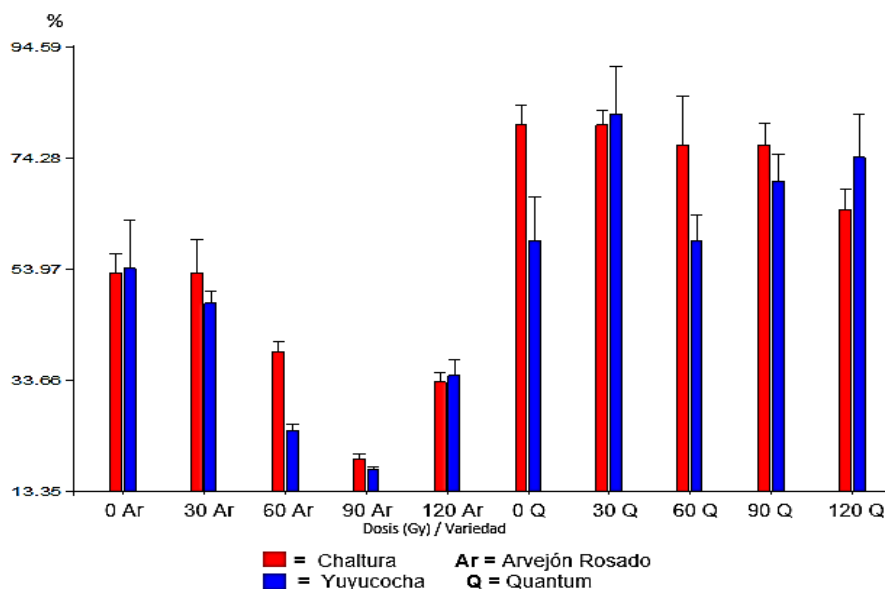


Figura 1. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para porcentaje de emergencia.

4.2 Porcentaje de sobrevivencia a los 30 días

En el análisis de varianza (Tabla 6), para este carácter detecta que no existe diferencias significativas para interacción entre localidades y tratamientos, así como para localidades, lo que quiere decir que estadísticamente son similares, pero si existe diferencia significativa entre tratamiento ($p = 0.0004$).

Tabla 6. Análisis de varianza para porcentaje de sobrevivencia a los 30 días

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	107.32	<0.0001
Dosis /Variedad (Tratamiento)	9	38	4.58	0.0004
Localidad	1	38	0.12	0.7311
Tratamiento/ Localidad.	9	38	0.77	0.6432

La prueba LSD Fisher para tratamiento (Tabla 7), presenta tres rangos de significancia, siendo la variedad Quantum a dosis de 30, 90, 120 Gy y los testigos Quantum y Arvejón rosado los que presentan porcentajes de sobrevivencia superiores al 60 %; por el contrario la variedad Arvejón rosado a dosis de 90Gy presentó menor porcentaje de sobrevivencia con un 22,62 %.

Tabla 7. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para tratamiento (dosis /variedad) con respecto a la variable porcentaje de sobrevivencia a los 30 días.

Dosis (Gy)/Variedad		Medias	E.E.		
30	Quantum	69.84	8.59	A	
120	Quantum	68.65	8.59	A	
90	Quantum	65.87	8.59	A	
0	Arvejón R	62.70	8.59	A	
0	Quantum	61.13	8.59	A	
60	Quantum	53.98	8.59	A	B
30	Arvejón R	50.00	8.59	A	B
120	Arvejón R	40.08	8.59		B C
60	Arvejón R	38.49	8.59		B C
90	Arvejón R	22.62	8.59		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Indistintamente a las localidades la variedad Quantum a dosis de 30, 90 y 120 Gy juntamente con su testigo indican un mejor comportamiento en sobrevivencia a los 30 días con valores que superan el 61 %, no así la variedad Arvejón rosado la población irradiada obtuvo valores inferiores al 50 % contrario a lo evidenciado con el testigo que la sobrevivencia fue de 62,70 % (Figura 2).

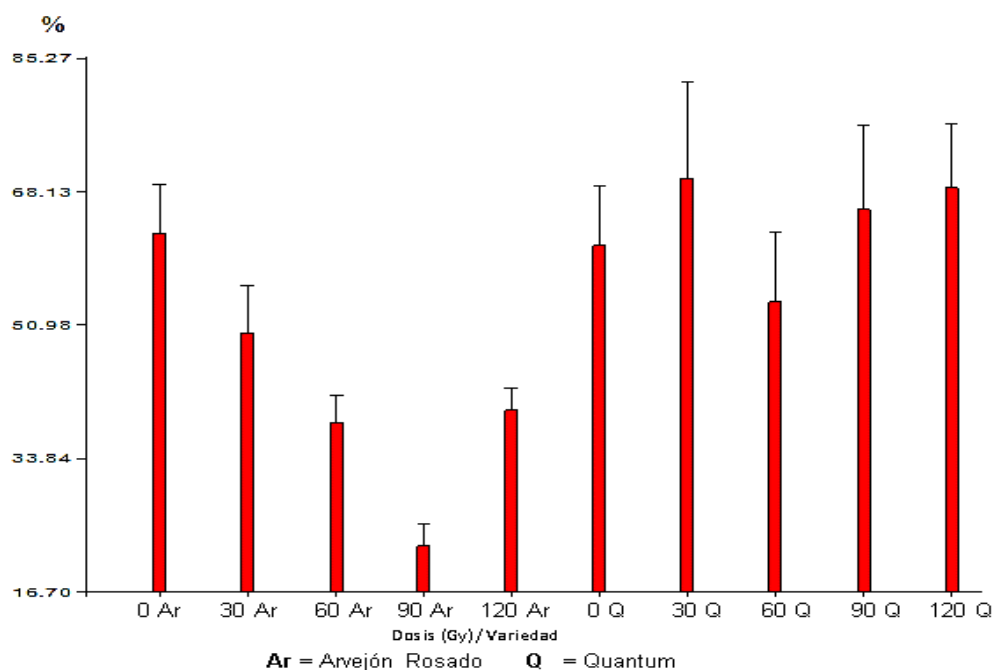


Figura 2. Comportamiento de los tratamientos para porcentaje de sobrevivencia a los 30 días

4.2.1 Porcentaje de sobrevivencia a los 60 días

Una vez realizado el análisis de resultados de esta variable (Tabla 8) se determinó que, existe diferencia significativas para tratamiento ($p= 0.0032$), mientras que no se detectó

significancia para localidades ni interacción entre localidades y tratamientos, frente a esto se deduce que estadísticamente son similares.

Tabla 8. Análisis de varianza para porcentaje de sobrevivencia a los 60 días

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	144.57	<0.0001
Dosis (Gy)/ Variedad (Tratamiento)	9	38	3.48	0.0032
Localidad	1	38	0.22	0.6405
Tratamiento/ Localidad	9	38	1.27	0.2851

Tabla 9. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para tratamiento (dosis /variedad) con respecto a la variable porcentaje de sobrevivencia a los 60 días.

Dosis (Gy)/Variedad	Medias	E.E.			
120 Quantum	61.05	7.68	A		
30 Quantum	60.00	7.68	A		
90 Quantum	59.57	7.68	A		
0 Arvejón R	59.13	7.68	A		
0 Quantum	53.95	7.68	A	B	
60 Quantum	46.40	7.68	A	B	
30 Arvejón R	46.03	7.68	A	B	
120 Arvejón R	38.91	7.68		B	C
60 Arvejón R	35.72	7.68		B	C
90 Arvejón R	22.64	7.68			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La prueba LSD *Fisher* (Tabla 9) para tratamiento, indica tres rangos de significancia: en el rango “A” se encuentran las variedades: Quantum a dosis de 30, 90, 120 Gy y el testigo Arvejón rosado con promedios que oscilan entre 59 y 61 % de sobrevivencia a los 60 días, por el contrario en el rango “C” con bajos rendimientos se ubicó la variedad Arvejón rosado a dosis de 90 Gy con 22,64 %.

El cultivar Quantum en Chaltura y Yuyucocha a 30 Gy presentó mejor porcentaje de emergencia (80 – 83 %) posteriormente en sobrevivencia a los 60 días mostró un promedio de 60 %, por el contrario la población irradiada de la variedad Arvejón rosado reflejó 46,03 % inferior a su testigo 59,13 %.

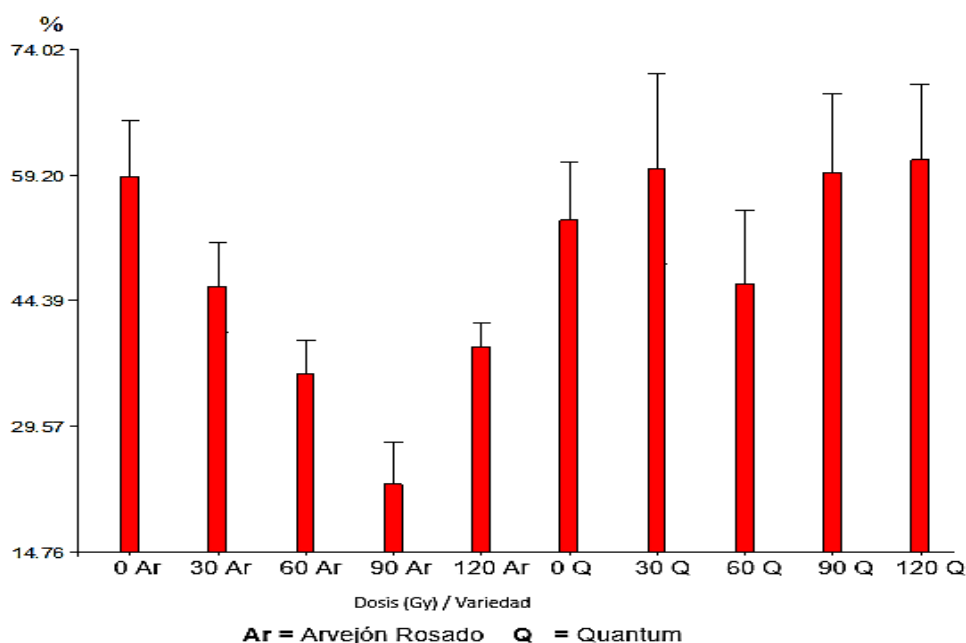


Figura 3. Comportamiento de los tratamientos para porcentaje de sobrevivencia a los 60 días

Tomando en cuenta la variable sobrevivencia a los 30 y 60 días, la variedad que se destaca es la Quantum a dosis de 30, 90 y 120 Gy con promedios superiores al 59 %, de igual forma esta variedad a dosis de 30 Gy de igual forma presentó mejor porcentaje de emergencia con valores entre el 80 y 82 % característica independiente a la localidad en la que se encuentre.

En la (Figura 3), se observó una variación del comportamiento de los genotipos irradiados a 90 y 120 Gy de la variedad Quantum, las mismas que presentaron retraso en la emergencia las cuales fueron apareciendo en el transcurso de los días hasta llegar a la toma de datos de sobrevivencia a los 30 días, lo que no se evidenció a dosis 30 Gy la misma que emergió de forma uniforme, motivo por el cual reflejó mejores resultados tanto en emergencia como en sobrevivencia frente a esto se deduce que el retraso ocurrido se debe a los cambios estructurales que fue ocasionado por los diferentes niveles de irradiación ya sometidas en la generación M0. Según (Lemus, Méndez, Cedeño, & Gómez, 2002) al irradiar semillas de dos variedades de fréjol observó que, a medida que aumenta la dosis de irradiación retarda la germinación de las semillas.

Los datos obtenidos indican que existen diferencias en el efecto de las dosis de irradiación empleada sobre los genotipos, observándose claramente que el cultivar Quantum fue el más tolerante a la irradiación gamma lo que no se apreció en cultivar Arvejón rosado. Por su parte (Vega, 1994) señala que los efectos de las radiaciones

ionizantes varían según la especie y varía dentro de una misma especie, así como por las características y condiciones físicas del material biológico tratado. Además se observaron efectos negativos a dosis de 90 Gy en la variedad Arvejón rosado en las dos localidades, la misma que resultó ser más sensibles a la irradiación en esta generación ya que su población de emergencia y sobrevivencia fue inferior al 22 %.

4.3 Días a la floración

De acuerdo al análisis de varianza para la variable días a la floración, muestra que existe una interacción entre localidad y tratamiento ($p = 0.0005$), tal como se lo aprecia en la (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de varianza para días a la floración

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	11001.67	<0.0001
Dosis/ Variedad (Tratamiento)	9	38	77.70	<0.0001
Localidad	1	38	14.50	0.0005
Tratamiento/ Localidad	9	38	4.48	0.0005

Fuente: Autores

Tabla 11. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable días a la floración.

Localidad	Dosis (Gy)/ Variedad	Medias	E.E.						
Chaltura	90 Arvejón R	72.33	0.93	A					
Yuyucocha	90 Arvejón R	72.33	0.93	A					
Yuyucocha	30 Arvejón R	72.00	1.27	A	B				
Chaltura	120 Arvejón R	71.00	0.76	A	B				
Chaltura	120 Quantum	70.33	1.25	A	B	C			
Chaltura	60 Arvejón R	70.33	0.65		B	C			
Chaltura	0 Arvejón R	70.00	0.64		B	C			
Yuyucocha	120 Arvejón R	69.67	0.76		B	C			
Yuyucocha	60 Arvejón R	68.67	0.65			C			
Yuyucocha	0 Arvejón R	68.67	0.64			C			
Chaltura	0 Quantum	67.33	1.37			C	D		
Chaltura	30 Arvejón R	66.33	1.27				D		
Yuyucocha	0 Quantum	65.33	1.37				D	E	
Yuyucocha	120 Quantum	64.33	1.25				D	E	
Chaltura	90 Quantum	64.33	1.26				D	E	
Chaltura	60 Quantum	63.00	0.86					E	F
Yuyucocha	90 Quantum	61.00	1.26						F G
Chaltura	30 Quantum	60.33	1.05						G
Yuyucocha	30 Quantum	59.67	1.05						G
Yuyucocha	60 Quantum	59.33	0.86						G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La interacción tratamiento y localidad (Tabla 11), refleja siete rangos de significancia; en el rango “A” se ubican los materiales más tardíos para días a la floración, en este caso

variedad Arvejón rosado a dosis de radiación a 90 Gy presentó la floración a los 72 días, característica que se evidencia en las dos localidades (Chaltura y Yuyucocha); dentro del rango “G” se presenta la variedad Quantum a dosis de 30 Gy en las dos localidades donde presentó rangos de floración a los 59 y 60 días, característica que se repite en la misma variedad pero a dosis de 60 Gy en Yuyucocha (Figura 1).

Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA-BID-PROCIANDINO, 1989 citado por Muñoz, 2013) identifica a las variedades en función de la iniciación de la floración en tres categorías: plantas que inicia la floración de 30 – 50 días se denominan Precoces, de 51 – 80 días se denominan Intermedias y de 81 – 100 días se denominan Tardías; en la presente investigación se observó la presencia del 60 % de floración a los 59,33 y 72,33 días para los variedades en estudio, frente a esto se deduce que los tratamientos evaluados en las dos localidades presentaron floración intermedia. Por consiguiente se asume que la floración temprana está asociada al desarrollo precoz de las vainas y semillas por lo que la planta inicia el desvío de los asimilatos de la fotosíntesis hacia el desarrollo de las vainas y semillas, deteniéndose el crecimiento vegetativo (Muñoz, 2013, p.39).

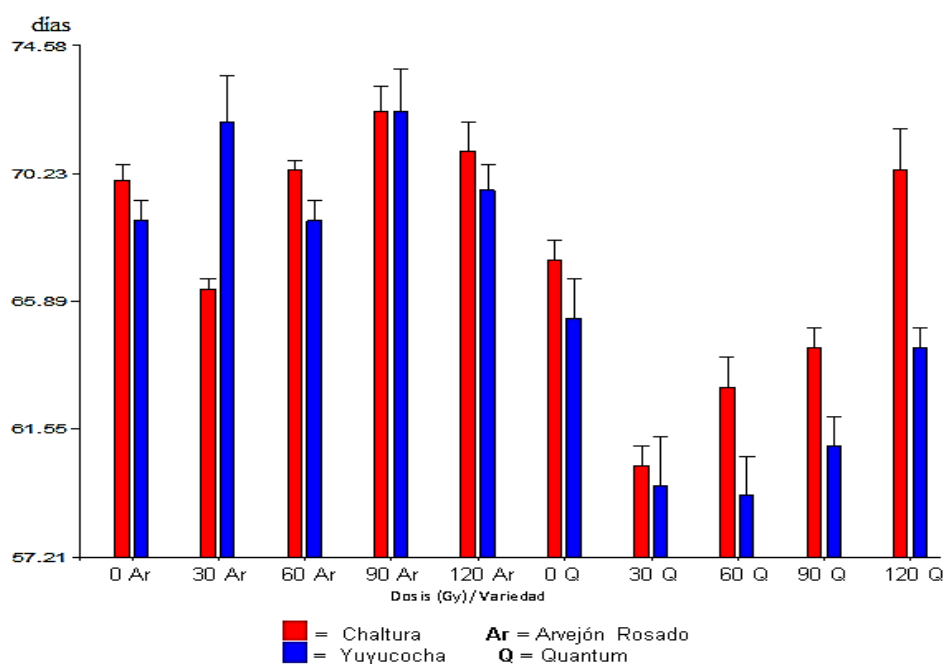


Figura 4. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para días a la floración.

Respecto a la variedad Quantum a 30 Gy fue el tratamiento de mayor población emergida en las dos localidades, de la misma forma presentó menor tiempo para llegar a esta etapa fenológica con promedio de 59 días, característica que coincide con dosis de 60 Gy a pesar de tener una emergencia inferior al 60 % (Figura 4). Esto lo explica (López et al., 2014), quien asegura que las mutaciones son eventos que se presentan completamente al azar y cualquier gen puede mutar en cualquier momento y no se puede predecir en qué consistirá la mutación.

4.4 Altura de la planta a la floración

En el análisis de resultados para altura de planta a la floración (Tabla 12), se observa diferencias significativas para interacción entre localidad y tratamiento ($p = 0.0042$).

Tabla 12. Análisis de varianza para altura de planta a la floración.

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	640	18332.40	<0.0001
Dosis / Variedad (Tratamiento)	9	640	30.89	<0.0001
Localidad	1	640	2.28	0.1316
Tratamiento/ Localidad	9	640	2.71	0.0042

La prueba LSD de Fisher para interacción (Tabla 13), expresa ocho rangos de significancia: en el rango “A” se ubica el testigo de la variedad Arvejón rosado en Chaltura con promedio de 45 cm, mientras que el rango “H” ocupa la variedad Quantum a dosis de 120 Gy con valor de 31,81cm.

Se observó diferencias en altura de planta entre variedades, debido a que para la investigación se utilizó variedades genéticamente diferentes tales como: Arvejón rosado (decumbente) y Arveja Quantum (Enana), en consecuencia (Muñoz, 2013) manifiesta que “la diferencia de altura entre las variedades, radica en el hábito de crecimiento determinado e indeterminado”.

Tabla 13. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable altura de planta a la floración.

Localidad	Dosis (Gy)/Variedad	Medias	E.E.								
Chaltura	0 Arvejón R	45.00	1.02	A							
Chaltura	60 Arvejón R	44.92	1.11	A	B						
Yuyucocha	0 Arvejón R	43.65	1.18	A	B	C					
Chaltura	120 Arvejón R	43.12	1.20	A	B	C	D				
Yuyucocha	30 Arvejón R	42.72	1.28	A	B	C	D				
Yuyucocha	120 Arvejón R	42.11	1.15	A	B	C	D				
Chaltura	30 Arvejón R	41.89	1.16		B	C	D				
Chaltura	90 Arvejón R	41.38	1.35			C	D	E			
Yuyucocha	60 Arvejón R	39.81	1.50				D	E			
Yuyucocha	120 Quantum	37.11	1.16					E	F		
Yuyucocha	90 Arvejón R	36.73	2.07					E	F	G	
Chaltura	90 Quantum	34.43	1.01						F	G	H
Chaltura	0 Quantum	34.42	1.09						F	G	H
Yuyucocha	60 Quantum	33.92	1.15						F	G	H
Yuyucocha	90 Quantum	33.63	1.32							G	H
Chaltura	60 Quantum	33.57	1.25							G	H
Yuyucocha	30 Quantum	33.35	1.18							G	H
Chaltura	30 Quantum	33.08	1.10							G	H
Yuyucocha	0 Quantum	32.13	1.25							G	H
Chaltura	120 Quantum	31.81	1.13								H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

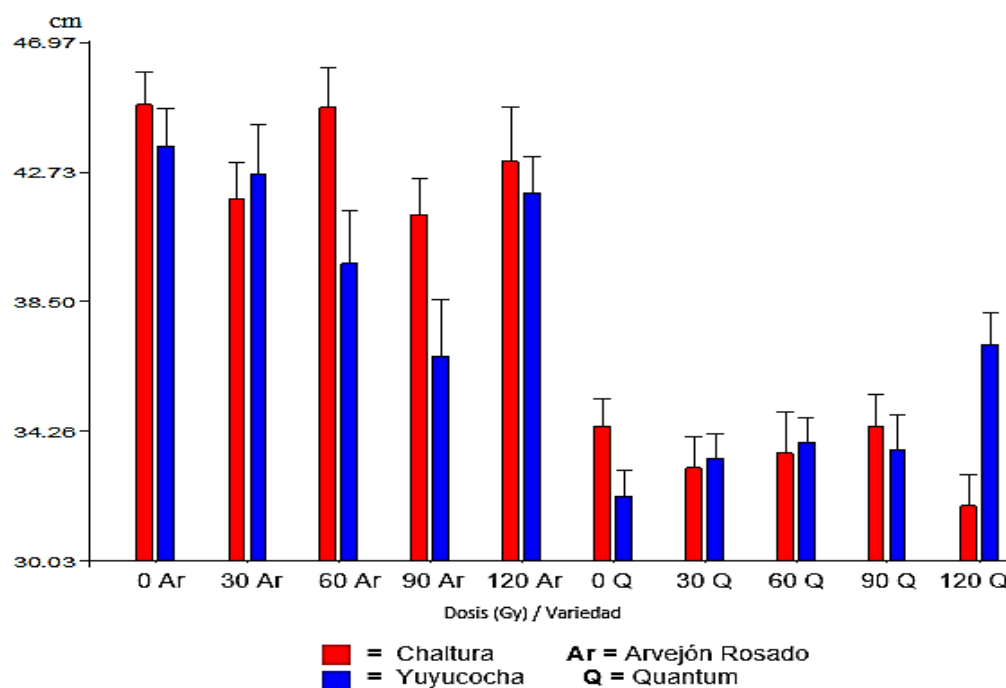


Figura 5. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para altura de planta a la floración.

La población de la variedad Quantum a 120 Gy en Chaltura presentó disminución de altura de planta en comparación con su testigo (34,42 a 31,81cm) debido a que las poblaciones

mostraron mutaciones de porte bajo, a pesar de que la variedad Quantum a 30 Gy tuvo menor tiempo a la floración se observó que su crecimiento fue alterado obteniendo una altura de 33,08 cm que es inferior al testigo; similar comportamiento se observó en la variedad Arvejón rosado de la población irradiada las mismas que presentaron una reducción de altura en comparación a sus testigos (45 cm en Chaltura y 43,65 cm en Yuyucocha) (Tala 13, Figura 5).

4.4.1 Altura de planta a la madurez fisiológica

El análisis de varianza (Tabla 14) para la presente variable, dato recopilado al llegar a la madurez fisiológica determina que existe interacción entre tratamiento y localidad ($p = 0.0034$).

Tabla 14. Análisis de varianza para altura de planta a la madurez fisiológica.

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	640	5056.56	<0.0001
Dosis/ Variedad (Tratamiento)	9	640	29.63	<0.0001
Localidad	1	640	2.82	0.0938
Tratamiento/ Localidad	9	640	2.78	0.0034

Tabla 15. Prueba de LSD Fisher ($\alpha=0.05$) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable altura de planta a la madurez fisiológica.

Localidad	Dosis (Gy)/ Variedad	Medias	E.E.					
Chaltura	60 Arvejón R	52.78	1.41	A				
Chaltura	0 Arvejón R	52.78	1.32	A				
Chaltura	90 Arvejón R	51.39	1.68	A	B			
Chaltura	120 Arvejón R	50.47	1.50	A	B			
Yuyucocha	0 Arvejón R	50.03	1.49	A	B			
Chaltura	30 Arvejón R	49.76	1.47	A	B			
Yuyucocha	120 Arvejón R	48.88	1.45		B	C		
Yuyucocha	30 Arvejón R	47.74	1.59		B	C	D	
Yuyucocha	60 Arvejón R	47.27	1.84		B	C	D	
Yuyucocha	90 Arvejón R	44.10	2.49			C	D	E
Yuyucocha	120 Quantum	43.83	1.47				D	E
Yuyucocha	60 Quantum	40.98	1.45					E F
Yuyucocha	90 Quantum	40.07	1.64					E F G
Chaltura	0 Quantum	40.04	1.38					E F G
Chaltura	60 Quantum	39.90	1.57					E F G
Chaltura	120 Quantum	39.44	1.43					E F G
Yuyucocha	30 Quantum	39.27	1.49					E F G
Yuyucocha	0 Quantum	38.14	1.57					F G
Chaltura	90 Quantum	37.87	1.30					F G
Chaltura	30 Quantum	36.86	1.40					G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La (Tabla 15) de interacción indica siete rangos de significancia; en Chaltura la variedad Arvejón rosado de la población testigo y 30 Gy ocupa el rango “A” con una media de

52,78 cm siendo el grupo de materiales que presentan mayor tamaño; por el contrario la variedad Quantum en Chaltura a dosis de 30 Gy se ubicó en el rango “G” mismo que reflejó un valor promedio de 36,86 cm siendo el grupo de materiales de menor tamaño incluso menor que el testigo (Figura 6).

En cuanto a las variables alturas de planta a la floración y madurez fisiológica en la generación M1 tuvieron efecto en el crecimiento de las dos variedades en las dos localidades, Para el caso de Chaltura la variedad Arvejón rosado a dosis de 30, 90 y 120 Gy obtuvieron valores menores a 52 cm respecto a su testigo, pero este efecto no se reflejó a dosis de 60 Gy; en cuanto a la variedad Quantum a dosis de 30 Gy se observó una disminución de 4 cm en relación a su testigo que midió cerca de 40 cm (Tabla 15).

De igual manera en la localidad de Yuyucocha se apreció diferencias en cuanto a la altura de planta en los diferentes tratamientos, para Arvejón rosado se observó una reducción a dosis de 90 Gy (44,10 cm) frente a su testigo que presentó 50,03 cm, por el contrario la variedad Quantum tuvo un efecto adverso ya que a 120 Gy aumentó la altura de 38 – 43 cm, posiblemente este comportamiento se deduce a que la población irradiada de los dos genotipos de arveja se vio afectada en cuanto al crecimiento por estar en la generación M1 (Tabla 15)

Las plantas que crecen a partir de la semilla tratada, o las que han sido sometidas a un tratamiento mutagénico, puede mostrar gran diversidad de formas como consecuencia de las dosis mutagénicas tales como: depresiones del crecimiento, ahijamiento disminuido o elevado, hojas pequeñas y diferentes anomalías del desarrollo (Raoul, 2000); aspectos que se han evidenciado al evaluar la altura de la planta a la floración y a la madurez fisiológica donde se evidencia cambios en tamaño frente a su testigo.

Esto es reforzado por lo manifestado por (Iglesias et. al., 2010) quien asegura que, “La reducción del crecimiento de plantas generadas a partir de semillas tratadas con diferentes niveles de radiaciones gamma, se ha indicado que se debe fundamentalmente a daños en el proceso de división y elongación celular” (p. 10).

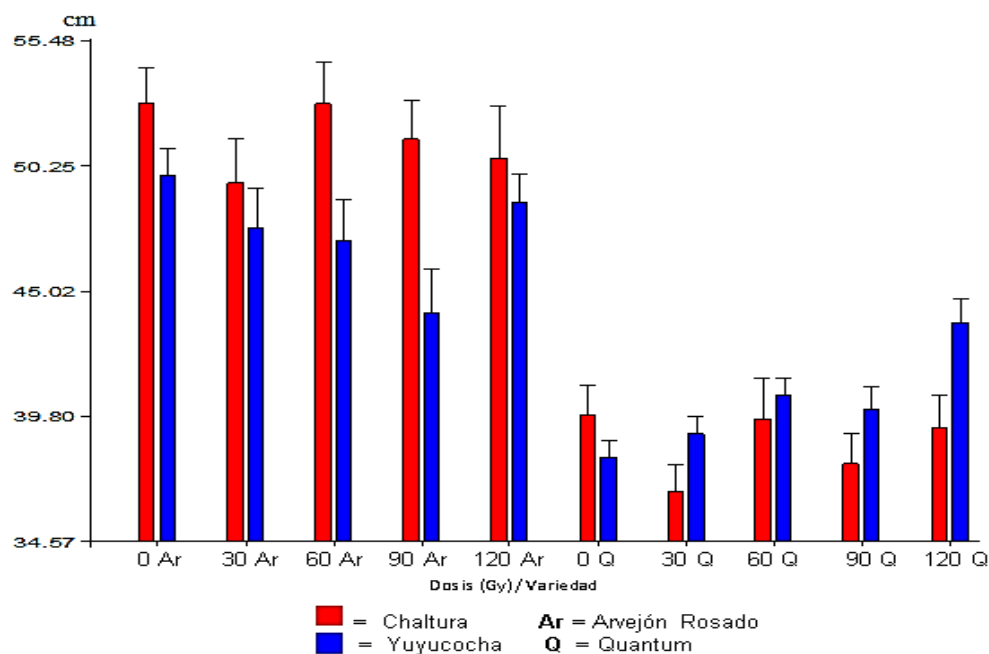


Figura 6. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para altura de planta a la madurez fisiológica.

4.5 Número de vainas por planta

En el análisis de resultados para vainas por planta (Tabla 16), se observa diferencias significativas para interacción tratamientos y localidad ($p=0.0001$).

Tabla 16. Análisis de varianza para número de vainas por planta.

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	708	235.70	<0.0001
Dosis/ Variedad (Tratamiento)	9	708	10.66	<0.0001
Localidad	1	708	290.65	<0.0001
Tratamiento /Localidad	9	708	6.93	<0.0001

La Prueba de LSD Fisher para interacción (Tabla 17), muestra la presencia de siete rangos; en el rango “A” se ubica la variedad Quantum a 120 Gy presenta en promedio 25,07 vainas por planta y Arvejón rosado a 30 Gy tiene un promedio de 24,67 esta característica es apreciable en los materiales que fueron sembrados en el sector de Yuyucocha. A nivel de Chaltura, la variedad Arvejón rosado en sus diferentes niveles de irradiación presentó bajos promedios (menores a 10), también se aprecia que la variedad Quantum a dosis de 30Gy mostró un promedio de 7,80 vainas por planta por el cual se ubica en el rango “G” en cuanto a la en la variable analizada (Figura 7).

Tabla 17. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable número de vainas por planta.

Localidad	Dosis (Gy)/ Variedad	Medias	E.E.					
Yuyucocha	120 Quantum	25.07	1.37	A				
Yuyucocha	30 Arvejón R	24.67	1.47	A				
Yuyucocha	60 Arvejón R	21.96	1.79	A	B			
Yuyucocha	0 Quantum	19.78	1.37		B	C		
Yuyucocha	60 Quantum	18.56	1.51		B	C	D	
Yuyucocha	90 Arvejón R	17.62	2.06		B	C	D	
Yuyucocha	90 Quantum	16.78	1.40			C	D	
Yuyucocha	0 Arvejón R	15.86	1.34				D	
Yuyucocha	120 Arvejón R	12.75	1.45					E
Yuyucocha	30 Quantum	10.98	1.28					E F
Chaltura	120 Quantum	10.34	1.45					E F G
Chaltura	0 Quantum	9.91	1.39					E F G
Chaltura	60 Quantum	9.60	1.52					E F G
Chaltura	60 Arvejón R	9.49	1.42					E F G
Chaltura	90 Arvejón R	9.48	1.65					E F G
Chaltura	120 Arvejón R	9.31	1.49					F G
Chaltura	30 Arvejón R	8.55	1.51					F G
Chaltura	90 Quantum	8.40	1.33					F G
Chaltura	0 Arvejón R	8.39	1.38					F G
Chaltura	30 Quantum	7.80	1.38					G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Respecto a la variedad Arvejón rosado en el sector de Yuyucocha se observó que con dosis de irradiación de 30, 60, y 90 Gy hay un aumento del número de vainas por planta frente a su testigo a diferencia de a dosis de 120 Gy donde hay una menor producción de vainas por planta; en la misma localidad con la variedad Quantum se observa que con dosis de 120 Gy, existe un aumento del número de vainas por planta frente al testigo pasando de 19,78 a 25, 07 vainas/planta, pero con dosis menores de irradiación ocurre lo contrario, existe una disminución en cuanto a la producción de vainas/planta.

En la localidad de Yuyucocha la variedad Quantum a 120 Gy llegó a la floración a los 64,33 días, mínima diferencia en comparación su testigo 65,33 días (Tabla 11), alcanzó una altura de 43,83cm a la madurez fisiológica mayor a su testigo 38,14 cm (Tabla 15), lo que tuvo influencia sobre la variable número de vainas por planta que produjo 25,07 vaina por planta el de mejor resultado; de la misma forma la variedad Arvejón rosado a 30 Gy alcanzó un promedio de 24 vainas mientras que a 120 Gy reflejó una disminución de 12 unidades, variabilidad que presentó en comparación a su testigo la que reflejó 15,86 vainas por planta (Tabla 17).

A nivel de Chaltura presentaron valores inferiores a 11 vainas por planta en cuanto a esta variable en las dos variedades, tal es el caso de la variedad Quantum que a dosis de 120 Gy alcanzó 10,34 vainas por planta, mientras que a 30 Gy presentó 7,80 vainas por planta menor cantidad que su testigo 9,91 vainas por planta; la variedad Arvejón rosado a 60 Gy con 9,49 vainas por planta mayor frente a su testigo 8,39. Probablemente estos resultados pudieron ser efecto de la mutación y de las segregaciones de los genotipos por estar en la generación M1.

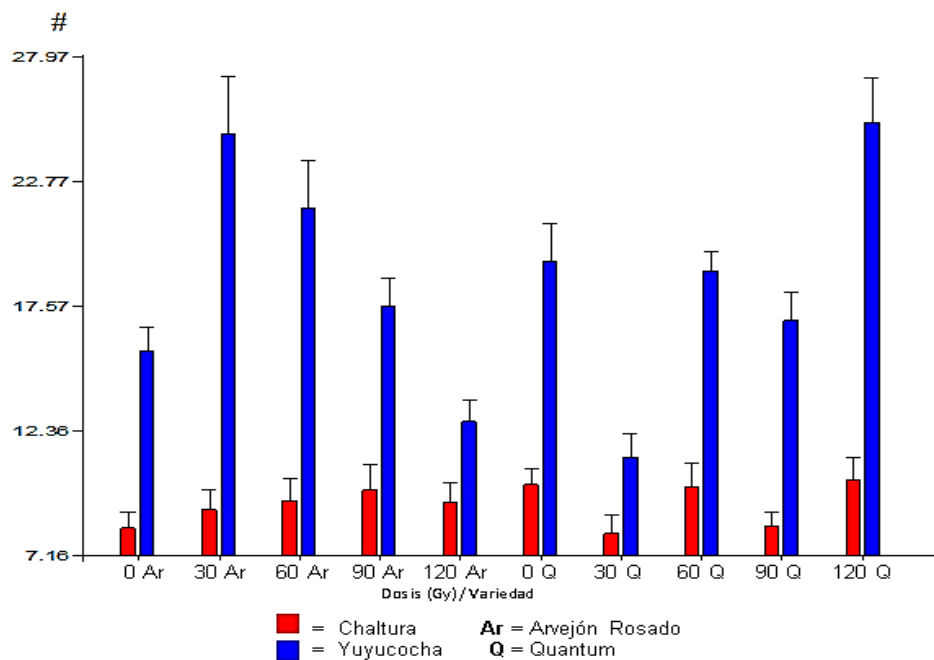


Figura 7. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para número de vainas por planta.

4.6 Número de granos por vaina

Una vez realizado el análisis de resultados para número de granos por vaina (Tabla 18), se observa que existe interacción entre tratamientos y localidad.

Tabla 18. Análisis de varianza para número de granos por vaina.

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	1178	12737,88	<0,0001
Dosis /Variedad (Tratamiento)	9	1178	3,65	0,0002
Localidad	1	1178	73,93	<0,0001
Tratamiento/Localidad	9	1178	2,48	0,0084

La Prueba de LSD Fisher de interacción (Tabla 19) para número de vaina por planta, detalla la presencia de diez rangos de significancia; en Chaltura la variedad Quantum de la población testigo con 7,58 unidades se ubicó en el rango “A”, por el contrario en Yuyucocha la variedad Arvejón rosado a 120 Gy fue el que presentó resultados menores a 6, la misma que se encuentra en el rango “J” (Figura 8).

Tabla 19. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para la interacción localidad* tratamiento (dosis /variedad) para la variable número de granos por vaina.

Localidad	Dosis (Gy)/Variedad	Medias	E.E.	
Chaltura	0 Quantum	7,58	0,15	A
Chaltura	90 Quantum	7,47	0,18	A B
Chaltura	30 Quantum	7,28	0,18	A B C
Chaltura	120 Arvejón R	7,27	0,21	A B C D
Chaltura	60 Arvejón R	7,27	0,20	A B C D
Chaltura	0 Arvejón R	7,07	0,19	B C D
Chaltura	120 Quantum	7,02	0,18	B C D E
Chaltura	30 Arvejón R	7,00	0,18	B C D E F
Yuyucocha	30 Arvejón R	6,83	0,18	C D E F G
Chaltura	60 Quantum	6,82	0,18	C D E F G
Yuyucocha	30 Quantum	6,75	0,18	D E F G H
Yuyucocha	0 Quantum	6,57	0,15	E F G H I
Yuyucocha	60 Quantum	6,52	0,18	F G H I
Yuyucocha	60 Arvejón R	6,47	0,20	G H I
Yuyucocha	0 Arvejón R	6,42	0,19	G H I
Yuyucocha	90 Quantum	6,38	0,18	G H I
Chaltura	90 Arvejón R	6,35	0,22	G H I
Yuyucocha	120 Quantum	6,28	0,18	H I J
Yuyucocha	90 Arvejón R	6,10	0,22	I J
Yuyucocha	120 Arvejón R	5,75	0,21	J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En Chaltura se observa que la variedad Quantum a 30 Gy presentó el menor número de vainas por planta inferior a 8 (Tabla 19), en cuanto al número de granos por vaina es de 7,28 lo que indica que hay un llenado completo de la vaina, esto permite inferir que a menor número de vainas por planta mayor será el llenado de granos, cabe resaltar que la variedad Arvejón rosado a 120 Gy en Yuyucocha obtuvo 12,75 vainas por planta, pero el llenado de sus vainas fue de 5,75 granos siendo el de menor resultado para la presente variable.

Mientras que la variedad Quantum en Chaltura numéricamente presentó un aumento de granos por vaina de la población testigo y a dosis de 90 Gy. Estos resultados coinciden con investigaciones similares realizadas por (Ramírez y Calderón et. al 2003; Leiva, 2013 citado por Marín, 2014), quienes observaron aumento en el número de granos por planta en

triticale (*Triticum aestivum* L.) sometidos a irradiación y un aumento en la producción de granos por vaina en soja cuando se sometieron a las dos especies a irradiación.

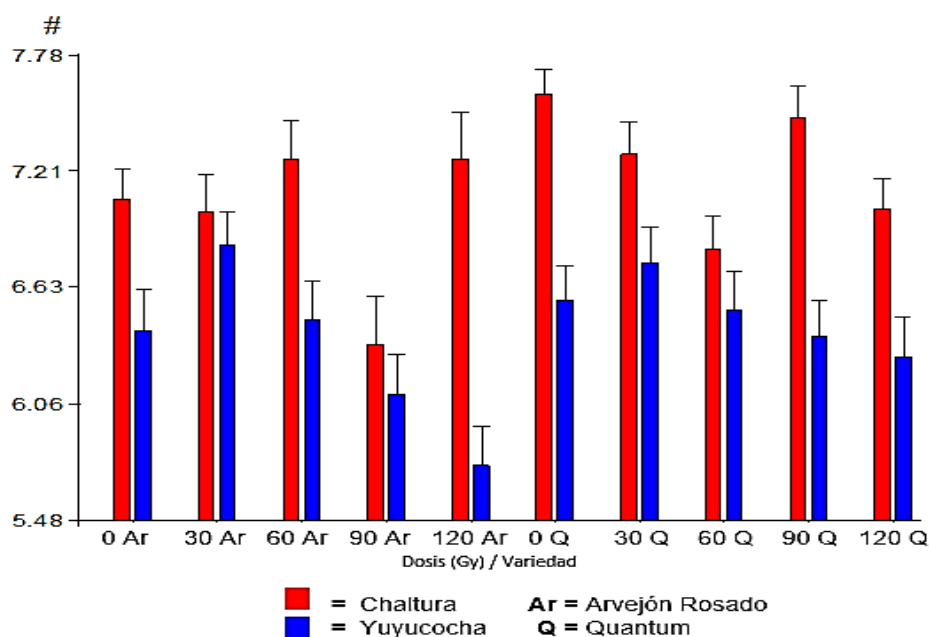


Figura 8. Comportamiento de los tratamientos en las localidades Chaltura y Yuyucocha para número de granos por vaina

4.7 Rendimiento en grano seco

El análisis de varianza realizado para rendimiento en grano seco (Tabla 20), determina que no existe significancia para interacción entre localidades y tratamientos, concluyendo que estadísticamente son similares; lo que si se observa es que existe diferencia significativas entre tratamiento (dosis/variedad) ($p=0.0001$).

Tabla 20. Análisis de varianza para rendimiento en grano seco

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	317.43	<0.0001
Dosis /Variedad (Tratamiento)	9	38	7.54	<0.0001
Localidad	1	38	1.14	0.2915
Tratamiento/ Localidad.	9	38	1.50	0.1835

La prueba *LSD Fisher* (Tabla 21) para tratamiento determinó tres rangos de significancia; con porcentajes de sobrevivencia a los 60 días (Tabla 9) el tratamiento que presentó mejores rendimientos fue la siguiente: con 46,03 % de sobrevivencia la variedad Arvejón rosado a 30 Gy mostró mayor rendimiento en comparación a sus irradiados con promedio de 435 gr, valor inferior que reflejó frente a su testigo la misma que con 59,13 % de

sobrevivencia obtuvo 453 gr una diferencia de 17,33 gr, contrario a esto, la misma variedad a dosis de 90 Gy presentó susceptibilidad al tratamiento mutagénico ya que con 22,64 % de sobrevivencia su rendimiento fue de 162 gr. Con respecto a la variedad Quantum a dosis de 120 Gy con 61,05 % de sobrevivencia a los 60 días reflejó rendimientos de 387,17 gr mayor a sus irradiados incluyendo a su testigo 363,50 gr (Figura 9).

Tabla 21. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para tratamiento (dosis /variedad) con respecto a la variable rendimiento en grano seco.

Dosis (Gy) /Variedad	Medias	E.E.		
0 Arvejón R	453.00	23.32	A	
30 Arvejón R	435.67	104.02	A	B
120 Quantum	387.17	99.55	A	B
60 Quantum	380.17	33.30	A	B
90 Quantum	375.17	85.06	A	B
0 Quantum	363.50	35.55	A	B
30 Quantum	358.17	47.34	A	B
120 Arvejón R	278.83	44.60		B C
60 Arvejón R	239.83	24.79		B C
90 Arvejón R	162.00	37.55		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El comportamiento que presentó lo diferentes tratamientos en relación al rendimiento es variable, por su parte (Salcedo, 2010) en sus investigaciones realizadas en arroz, concluye que el rendimiento de las variedades fluctuaban en las diferentes dosis de irradiación y la respuesta fue diferente a cada una de las dosis aplicadas.

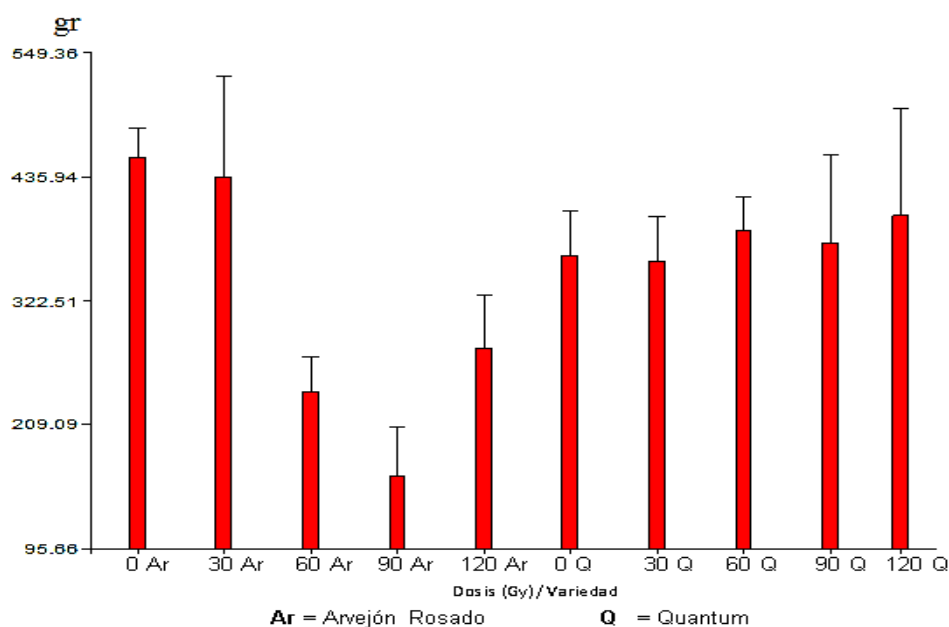


Figura 9. Comportamiento de los tratamientos para número de granos por vaina.

Cabe destacar que la variedad Arvejón rosado a dosis de 90 Gy fue el tratamiento que presentó debilidad al tratamiento mutagénico en la presente investigación, ya que presentaron inferiores resultados en la mayoría de variables ya evaluadas, juntamente a ello se observó alteraciones (vainas con granos vacíos) durante la cosecha en las dos localidades. La esterilidad observada en la generación M1 se atribuye a disturbios producidos durante la meiosis, que son consecuencias de una alta frecuencia de recombinación durante los procesos de reparación celular que siguen a la irradiación de las semillas (Demchenko y Avrutskaya, 1979 citado por Álvarez *et. al*, 2014).

4.8 Análisis comparativo entre las generaciones M0 y M1 en Yuyucocha

Para el presente apartado se tomó como referencia los datos obtenidos de la investigación realizada por (Navarrete, 2012) titulada “Respuesta de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) a cuatro dosis de radiaciones gamma”, donde evaluó el comportamiento que presenta las semillas al ser expuestas a los diferentes niveles de radiación gamma (30, 60 90 y 120 Gy) la misma forma con los datos adquiridos en la generación M1, en la localidad Yuyucocha las cuales se detallan a continuación:

4.8.1 Porcentaje de Emergencia

El análisis de varianza realizado para porcentaje de emergencia (Tabla 22), establece que existe significancia para interacción entre tratamientos y generaciones ($p = 0.0001$).

Tabla 22. Análisis de varianza de las dos generaciones para porcentaje de emergencia.

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	680.21	<0.0001
Dosis/Variedad (Tratamiento)	9	38	3.28	0.0047
Generación (M0 y M1)	1	38	82.31	<0.0001
Tratamiento/generaciones	9	38	14.18	<0.0001

Una vez realizado el análisis respectivo para interacción entre generación y tratamiento se determinó la presencia de ocho rangos de significancia (Anexo 16), donde la comparación entre las dos generaciones (M0 y M1) muestran diferencias en cuanto al porcentaje de germinación, así por ejemplo en la generación M₀ para dosis de irradiación de 30 Gy presenta porcentajes de emergencia cercanos al 90 % en la variedad Arvejón rosado, valores considerados adecuados porque permiten determinar la vigorosidad de la semilla,

pero para la variedad Quantum la emergencia fue inferior al 70 %, según la (FAO, 2011 citado por Muñoz, 2013) afirma que el mínimo porcentaje de emergencia, según las normas de calidad de semillas, es de 75 % de emergencia.

Por su parte en la generación M1 se evidencia que en las variedades y dosificaciones, los porcentajes de emergencia son inferiores al 80 % inclusive una de las dosificaciones de irradiación en la variedad Arvejón rosado, la emergencia es de 17,41 % porcentaje muy bajo que influye directamente en el rendimiento de la variedad, pero también se puede observar que en la generación M1 para la variedad Arvejón y sin dosis de radiación el porcentaje de emergencia es bajo cercano al 60 %, lo que puede estar relacionado con el tipo de almacenamiento de semilla, así (Muñoz, 2013), explica que el proceso de emergencia puede estar influenciado por diversas condiciones como son: la temperatura, humedad del suelo, profundidad de semilla, calidad de semilla, heterogeneidad del suelo, entre otros aspectos (Figura 10).

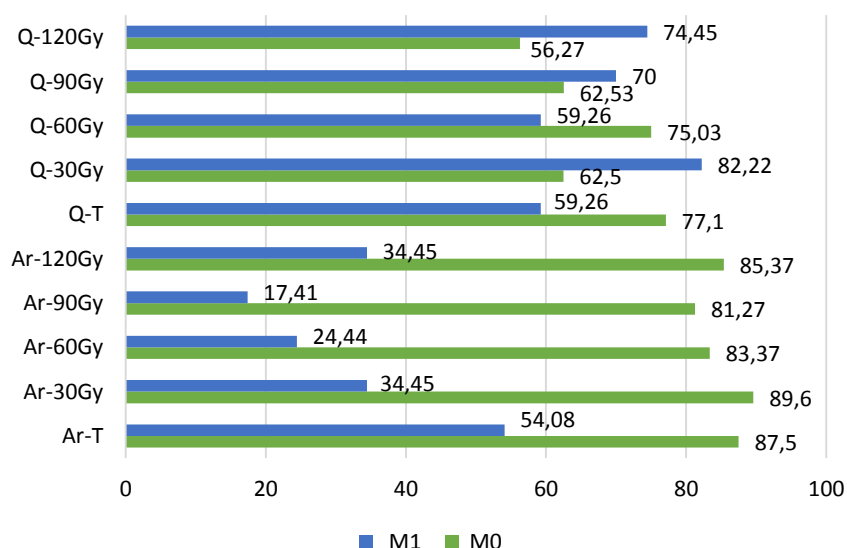


Figura 10. Comportamiento de los tratamientos en las diferentes generaciones (M0, M1) para porcentaje de emergencia.

4.8.2 Porcentaje de sobrevivencia a los 30 días

El análisis de varianza para este carácter mostró diferencias significativas para interacción entre tratamientos y generaciones ($p = 0.0004$) tal como se lo aprecia en la (Tabla 23).

Tabla 23. Análisis de varianza de las dos generaciones para porcentaje de sobrevivencia a los 30 días.

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	443.80	<0.0001
Tratamiento	9	38	1.16	0.3448
Generación (M0 y M1)	1	38	28.89	<0.0001
Tratamiento/generaciones	9	38	4.62	0.0004

La prueba LSD Fisher para interacción demuestra la existencia de siete rangos de significancia, a dosis 30 Gy y su testigo evaluadas en la generación M0 con la variedad Arvejón rosado alcanzaron porcentajes mayores al 87 % las mismas que se ubican en el rango “A”; mientras en los rangos (E, F, G) se sitúan los tratamientos de la población irradiada a (30, 60, 90 y 120 Gy) de la generación M1, con valores inferiores al 42 % con respecto a la variedad Arvejón rosado; el resto de tratamientos se ubican en rangos intermedios (Anexo 17).

Respecto a la variedad Quantum a 120 Gy en las generaciones M1 presentó 80,16 % de sobrevivencia, mayor al que se obtuvo en la generación M0 54,17 % incluyendo a su testigo 77,08 % respectivamente. Estas diferencias en comportamiento de los cultivares en las diferentes generaciones pueden obedecer a las condiciones climáticas bajo las cuales se realizaron los ensayos, situación que coincide con lo encontrado por (Patiño, Valderrama, & Ñustez, 1997, pág. 110), donde menciona que el comportamiento de arveja varia al ser cultivada en diferentes localidades y épocas de siembra (Figura 11).

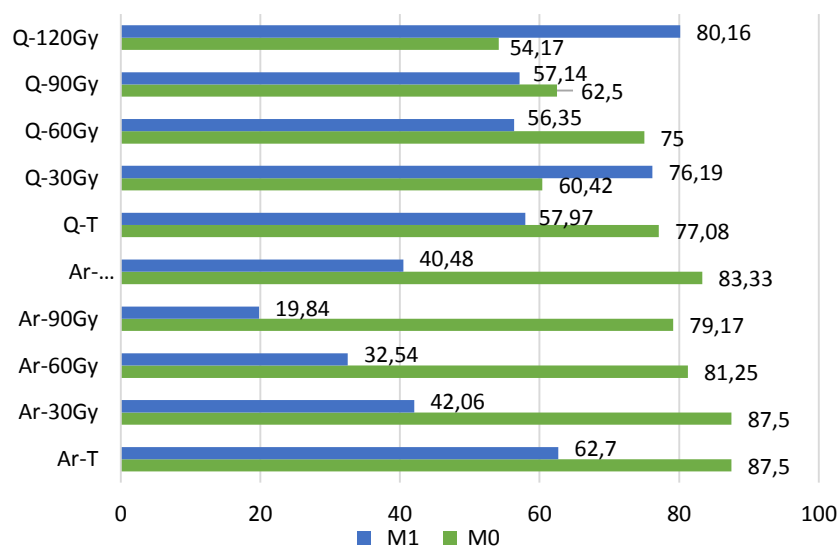


Figura 11. Comportamiento de los tratamientos en las diferentes generaciones (M0, M1) para porcentaje de sobrevivencia a los 30 días

4.8.2.1 Porcentaje de sobrevivencia a los 60 días

Al realizar el respectivo análisis de varianza (Tabla 24), para la variable porcentaje de sobrevivencia a los 60 días, se encontraron diferencias estadísticas significativas para interacción tratamiento y generación ($p = 0.0018$).

Tabla 24. Análisis de varianza de las dos generaciones para porcentaje de sobrevivencia a los 60 días.

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	755.9	<0.0001
Tratamiento	9	38	1.37	0.2379
Generaciones (M0 y M1)	1	38	27.5	<0.0001
Tratamiento/generaciones	9	38	3.78	0.0018

La interacción entre tratamiento y generación presentó cinco rangos de significancia (Anexo 18), la variedad Arvejón rosado a 30 Gy el que alcanzó porcentajes de sobrevivencia mayor al 85 % característica que coincidió a su testigo dentro de la generación M₀, seguidas por (60 y 90 Gy) las cuales presentan valores de 77,08 % y 72,92 %; situación contraria se apreció en la generación M₁ a (30, 60, 90, 120 Gy) ya que presentaron porcentajes inferiores al 41 %, siendo los tratamientos con el menor valor. Respecto a la variedad Quantum testigo en la M₀ no se vio afectado la sobrevivencia ya que alcanzó 77,8 % porcentaje mayor en comparación a sus irradiados, mientras que en la M₁ a 120 Gy (74,60 %) fue el tratamiento que mejor comportamiento presentó en comparación al resto incluso a su testigo (Figura 12).

Cabe recalcar que la variedad Arvejón rosado a 30 Gy fue el tratamiento que presentó mejores resultados en las variables: porcentaje de emergencia sobrevivencia a los 30 y 60 días las mismas que superan el 85 % comportamiento que coincidió con su testigo. Lo descrito posiblemente se debe a que los genes mutados no se manifestaron por estar en la generación M₀, sin embargo, dentro de la generación M₁ en la variedad Arvejón rosado de la población irradiada (30, 60, 90 y 120 Gy) esta característica se vio afectada ya que presentó promedios inferiores al 48% en comparación a su testigo 54.08 %.

Por su parte López (2011) menciona que, la mayoría de las mutaciones inducidas por radiación son recesivas, aunque los genes mutantes estén presentes, ciertas mutaciones pueden no expresarse durante varias generaciones por lo que se debe realizar una estabilización del material irradiado para ver la expresión.

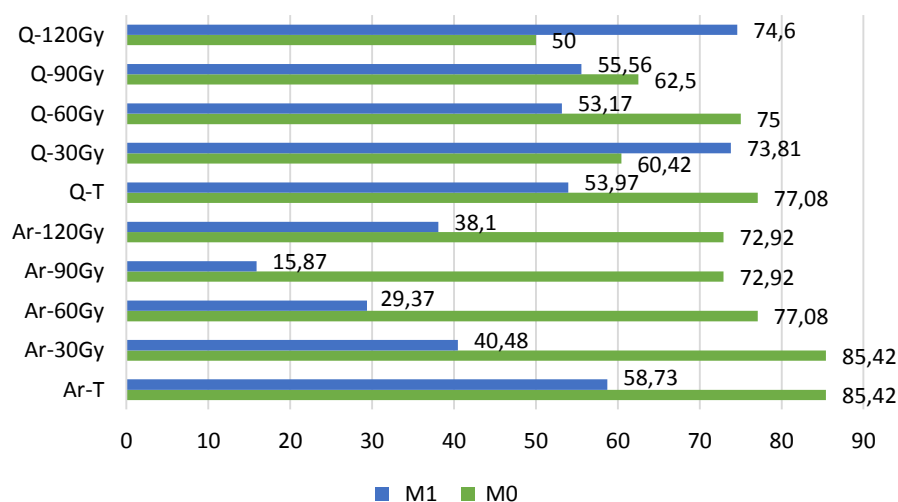


Figura 12. Comportamiento de los tratamientos en las diferentes generaciones (M0, M1) para porcentaje de sobrevivencia a los 60 días.

4.8.3 Días a la floración

Con relación a la variable días a la floración, el análisis estadístico muestra que existe una interacción entre tratamiento y generación ($p = 0.0001$), tal como se lo indica en la (Tabla 25).

Tabla 25. Análisis de varianza de las dos generaciones para días a la floración

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	53512.57	<0.0001
Tratamiento	9	38	41.44	<0.0001
Generaciones (M0 y M1)	1	38	240.43	<0.0001
Tratamiento/generación	9	38	6.53	<0.0001

El comportamiento de los tratamiento en las diferentes generaciones determinó la existencia de trece rangos de significancia (Anexo 19), la variedad Arvejón rosado a dosis de 30 y 90 Gy presentó floración a los 72 días dentro de la generación M1, mientras en la generación M0 la variedad Quantum a 30 y 60 Gy presentaron menor tiempo para llegar la floración con promedio de 56 días (Figura 13).

Al hacer una comparación generacional, se puede mencionar existe un efecto en cuanto al número de días que demora cada variedad en llegar a la floración, así la variedad Arvejón rosado a dosis de 90 Gy en la generación M0 el tiempo de llegar a floración es de 62 días, pero en la primera generación se puede evidenciar un incremento, cerca de 10 días.

Según (IICA-BID-PROCIANDINO, 1989 citado por Muñoz, 2013) identifica a las variedades en función de la iniciación de la floración en tres categorías: plantas que inicia la floración de 30 – 50 días se denominan Precoces, de 51 – 80 días se denominan Intermedias y de 81 – 100 días se denominan Tardías; por lo mencionado anteriormente los tratamientos evaluados en las diferentes generaciones presentan floración intermedia ya que presentaron valores de 56 a 72 días, respecto a la variedad Quantum a 60 Gy en la generación M0 inició la floración a los 56,33 días, menor a su testigo la misma que alcanzó la floración a los 58,33 días; mientras que la variedad Arvejón rosado con dosis de 30 y 90 Gy presentaron floración en promedio a los 72 días dentro de la generación M1, valor superior en comparación al resto de tratamientos (Figura 13). Por su parte (Muñoz, 2013) comenta que el tiempo que tarda un cultivo en alcanzar la floración puede depender de las condiciones climáticas, época de siembra, características propias de cada cultivar, entre otros.

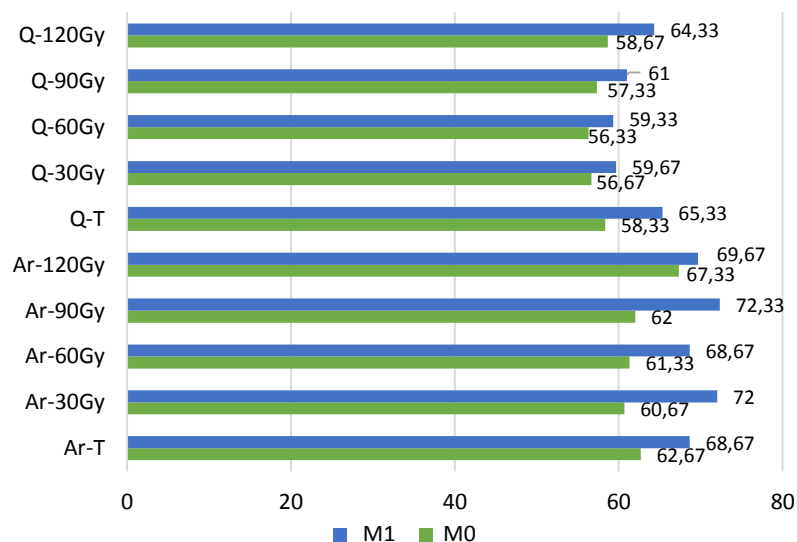


Figura 13. Comportamiento de los tratamientos en las diferentes generaciones (M0, M1) para días a la floración.

4.8.4 Altura de planta a la floración

Con respecto al análisis de varianza para altura de planta a la floración (Tabla 26), detecta diferencias altamente significativas para interacción entre tratamiento y generación ($p = 0.0001$).

Tabla 26. Análisis de varianza de las dos generaciones para altura a la floración

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	11473.81	<0.0001
Tratamiento	9	38	131.82	<0.0001
Generaciones (M0 y M1)	1	38	7.07	0.0114
Tratamiento/generaciones	9	38	67.18	<0.0001

Con respecto a la altura de planta a la floración el análisis determinó que existe una variabilidad de los tratamientos en las diferentes generaciones y a su vez detectó siete rangos de significancia (Anexo 20), visiblemente se aprecia que la variedad Arvejón rosado a dosis de (90, 60, 120, 30 Gy) y su testigo en la generación M0 obtuvieron mayores alturas con promedios de 59 cm y en la generación M1 este comportamiento no se evidenció, ya que se observó una disminución de altura a 43-36 cm; situación contraria mostró la variedad Quantum a dosis de (120, 90, 60, 30 Gy) y su testigo ya presentaron alturas inferiores a 21cm dentro de la generación M0 y en la generación M1 aumentó a valores que oscilan entre 31-36 cm (Figura 14).

Claramente se puede diferenciar las alturas de las variedades en estudio independientemente de las generaciones, este comportamiento se podría deducir a que estas dos variedades se destacan por tener en sus genes las características de tamaño mediano (Arvejón rosado), y pequeña (Quantum), lo que nos permite tener una visión clara con respecto al tamaño de la planta. Según (Muñoz, 2013) el tamaño de planta bajo o enano es cuando su altura es menor a 40 cm, semitrepador entre 08 – 1 m, trepador cuando su altura supera al 1,5 m por lo descrito la Quantum es de crecimiento bajo mientras que Arvejón rosado es semitrepador.

En la investigación realizada por López et al., (2014), la altura de las plantas disminuye en la primera generación usando irradiación gamma, pero en la segunda generación esta característica no es notable. Por lo expuesto, la población irradiada de las dos variedades presentaron diferencias en cuanto a su altura, tal es el caso de la variedad Quantum que a 120 Gy obtuvo 14,93 cm valor inferior frente a su testigo 21,57 cm en la generación M0, mientras que en la generación M1 en la misma variedad y dosis esta aumenta a 36,90 cm; de igual forma el testigo Arvejón rosado con 59,73 cm en la generación M0 a dosis de 90 Gy asciende a 60,93 cm y en la generación M1 a 90 Gy reduce su altura a 36,78 inferior a su testigo 43,36 cm.

Se debe tener presente que a mayor altura mayor índice de acame de las plantas y también una posible pudrición de las vainas al tocar estas el suelo del cultivo. (López et al., 2014), manifestó que el acame es la dificultad de la plantas para mantenerse erectas, siendo este uno de los factores importantes para el manejo agronómico, debido a que representa pérdidas para la cosecha porque la planta se inclina mucho, las vainas tocan el suelo y son atacadas por hongos y bacterias que las pudren.

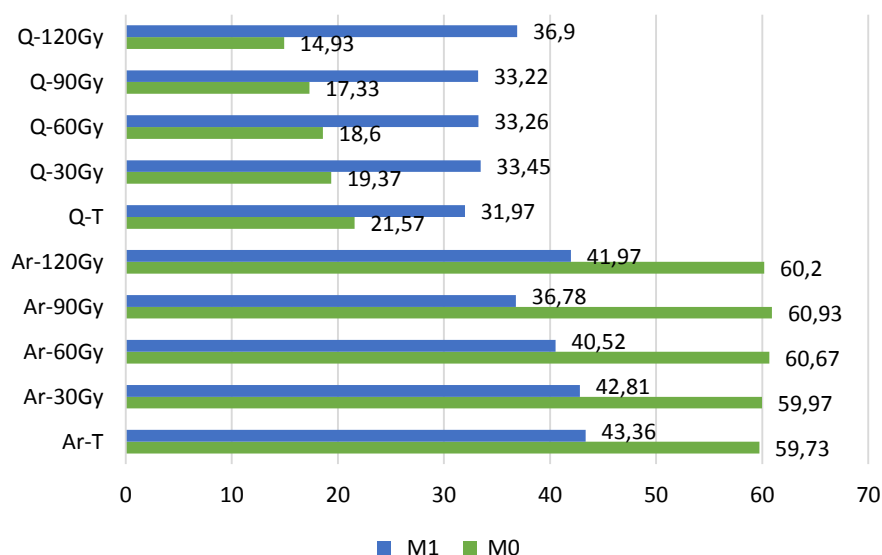


Figura 14. Comportamiento de los tratamientos en las diferentes generaciones (M0, M1) para altura de planta a la floración.

4.8.4.1 Altura de planta a la madurez fisiológica

El análisis de varianza de comparación entre generaciones con respecto a la variable altura a la madurez fisiológica presenta diferencias significativas para interacción tratamiento y generaciones ($P = <0.0001$) como se lo representa en la Tabla 27.

Tabla 27. Análisis de varianza de las dos generaciones para altura de planta a la madurez fisiológica.

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	25861.20	<0.0001
Tratamiento	9	38	298.12	<0.0001
Generaciones (M0 y M1)	1	38	698.83	<0.0001
Tratamiento/generaciones	9	38	185.63	<0.0001

El análisis estadístico para interacción entre tratamiento y generación muestra doce rangos de significancia (Anexo 21), en la generación M0 la variedad Arvejón rosado a dosis de (60 y 90 Gy) reflejó alturas superiores a 90 cm, mientras que la variedad Quantum a dosis

de (90 y 120 Gy) presentaron promedios inferiores a 29 cm; en la variedad Arvejón rosado se observó una reducción de altura con dosis de 90 Gy 44,28 cm en comparación a su testigo 50,34 cm, efecto contrario sucedió en la variedad Quantum ya que su testigo de 37,83 cm aumentó a 43,39 cm con dosis de 120 Gy comportamiento que se apreció en la generación M1.

Según (Barioglio, 2006 citado por Muñoz, 2013) al vigor define como, “crecimiento rápido, fertilidad, gran tamaño y fecundidad elevada”, mayor altura de planta y buen follaje; tomando en cuenta esta descripción la generación M0 la variedad Arvejón rosado predominó en la mayoría de las variables en relación al cultivar Quantum; mientras que en la generación M1 estas características fueron poco apreciables ya que Arvejón rosado obtuvo menor altura en comparación a su testigo pero presentó mayor follaje como consecuencia mayor cantidad de vainas por planta y granos por vaina en relación a la variedad Quantum.

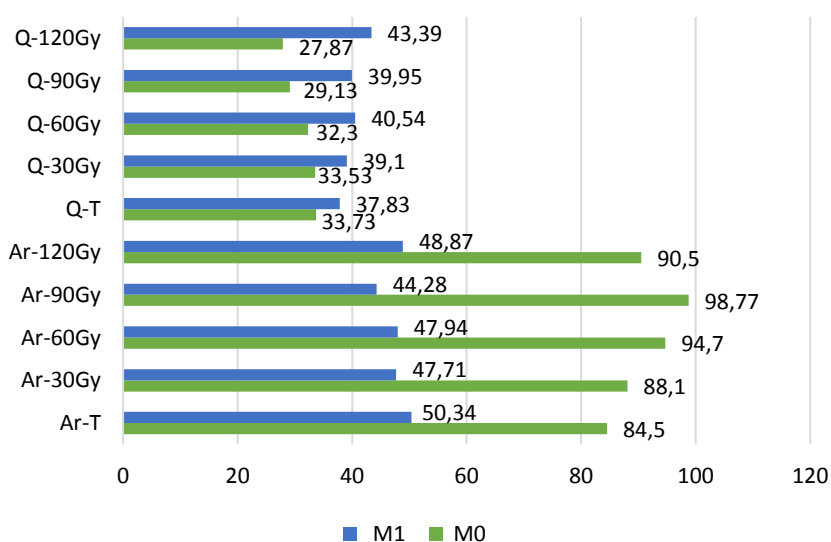


Figura 15. Comportamiento de los tratamientos en las diferentes generaciones (M0, M1) para altura de planta a la madurez fisiológica.

Se evidenció que los tratamientos irradiados juntamente con su testigo de la variedad Quantum aumentaron la altura de planta en la generación M1 en comparación con la generación M0, mientras que la variedad Arvejón rosado disminuyó su tamaño tal como se lo aprecia en la (Figura 14 y 15); probablemente este comportamiento puede estar asociado a las condiciones agroclimáticas requeridas de cada cultivar de igual forma a la respuesta que presenta cada variedad al ser sometido al tratamiento. Por su parte (Vega, 1994) señala que, los efectos de las radiaciones ionizantes varían según la especie y varía

dentro de una misma especie, así como por las características y condiciones físicas del material biológico tratado.

4.8.5 Número de vainas por planta

Realizado el análisis de varianza de las diferentes generaciones para la variable para número de vainas por planta reflejó la presencia de diferencias significativas para interacción entre tratamiento y generaciones ($p = 0.0047$) (Tabla 28).

Tabla 28. Análisis de varianza de las dos generaciones para número de vainas por planta.

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	921.92	<0.0001
Tratamiento	9	38	4.84	0.0002
Generaciones (M0 y M1)	1	38	16.44	0.0002
Tratamiento/generaciones	9	38	3.29	0.0047

La Prueba de LSD Fisher de interacción tratamiento y generación para número de vainas por planta demuestra la presencia de cinco rangos de significancia (Anexo 22), la variedad Arvejón rosado a dosis de 90 y 60 Gy presentó mejores resultados con promedios de 35 vainas por planta en la generación M0; las variedades Arvejón rosado y Quantum a dosis de 120 Gy son los tratamientos que menor número de vainas por planta obtuvieron con valores que oscila entre 12 - 13 unidades en las dos generaciones.

Dentro de la generacion M0 la variedad Arvejón rosado a 90 Gy alcanzó mayor altura a la floración de igual forma a la madurez fisiológica (60,93 – 98,77 cm) en consecuencia obtuvo mayor número de vainas por planta probablemente este comportamiento se deduce a que a mayor altura mayor cantidad de follaje y tasa fotosintética, por ende mayor espacio para formación de vainas.

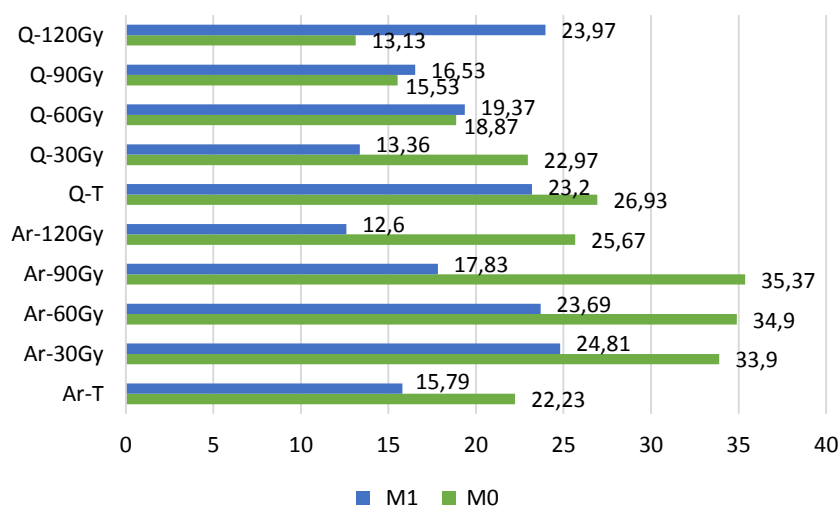


Figura 16. Comportamiento de los tratamientos en las diferentes generaciones (M0, M1) para número de vainas por planta.

Respecto a la variedad Quantum a 120 Gy en la generación M1 aumentó los valores presentados de 13,13 a 23,97 vainas por planta, a dosis 60 y 90 Gy este comportamiento no refleja mucha variación, mientras a 30 Gy presentó disminución en la M1 con 13,36 frente a la generación M0 22,97 vainas por planta situación que se mantuvo para la variedad Arvejón rosado en los diferentes tratamientos (Figura 16).

4.8.6 Número de granos por vaina

El análisis realizado sobre los datos obtenidos en las diferentes generaciones para número de granos por vaina (Tabla 29), permite identificar la presencia de diferencias estadísticamente significativas para la interacción entre tratamientos y generaciones ($p = 0.0488$).

Tabla 29. Análisis de varianza e las dos generaciones para número de granos por vaina

Fuente de Variación	GL	GL E. Ex	F. Tabular	valor p
Intercepto	1	38	13275.15	<0.0001
Tratamiento	9	38	6.28	<0.0001
Generaciones (M0 y M1)	1	38	121.79	<0.0001
<u>Tratamiento/generaciones</u>	9	38	2.15	0.0488

El análisis de interacción establecido para número de vainas por planta mediante la prueba de LSD Fisher presentó cinco rangos de significancia (Anexo 23), en el cual las variedades (Arvejón rosado y Quantum) en la generación M1 a dosis de 30 Gy ocupan el primer rango

de significancia con promedios cercanos a siete granos por vaina, mientras que dentro de la generación M0 Arvejón rosado a dosis de 120 Gy juntamente con Quantum a (90 y 120 Gy) son los que presentaron valores inferiores a cinco granos por vaina en la presente variable (Figura 17).

En el trayecto de la investigación la generación M0 sobresale las dos variedades en la mayoría de las variables evaluadas, sin embargo a dosis de 30 Gy la variedad Arvejón rosado y Quantum en la generación M1 obtuvo un promedio mayor en el variable número de granos por vaina. El comportamiento presentado probablemente se debe a que los genes mutados están inestables por estar en la primera generación.

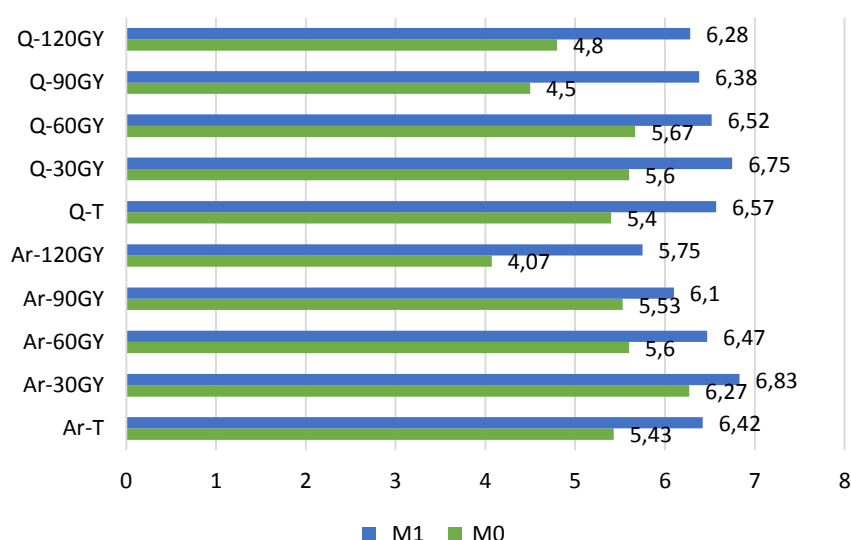


Figura 17. Comportamiento de los tratamientos en las diferentes generaciones (M0 y M1) para número de granos por planta.

Dentro de la generación M1 se encuentran los tratamientos que mejores resultados presentaron, siendo así, las dos variedades obtuvieron valores entre 1 y 2 unidades, mayores a los presentados en la generación M0 (Figura 17).

4.9 Análisis Económico

El análisis económico de los tratamientos se realizó, tomando en cuenta el rendimiento que obtuvieron al finalizar el ciclo del cultivo, que involucra la cosecha realizada en estado seco en un período de cinco meses; el área de la parcela neta fue de 4,41 m²; para realizar el respectivo análisis se tomó en cuenta los rendimientos totales obtenidos de la sumatoria

de los valores de las tres repeticiones por tratamiento en 13,23 m² expresado en kg en las dos localidades tal como se lo detalla a continuación (Tabla 30).

Tabla 30. Rendimiento total en grano seco en las diferentes localidades.

Tratamiento	Dosis (Gy)	Variedad	Rendimiento Kg/13,23 m ²	
			Chaltura	Yuyucocha
T1	0	Arvejón R	1,24	1,48
T2	30	Arvejón R	1,29	1,32
T3	60	Arvejón R	0,87	0,57
T4	90	Arvejón R	0,69	0,28
T5	120	Arvejón R	1,04	0,64
T6	0	Quantum	1,27	0,92
T7	30	Quantum	1,07	1,08
T8	60	Quantum	1,12	1,20
T9	90	Quantum	1,30	0,96
T10	120	Quantum	1,03	1,25

Con respecto al rendimiento en la localidad de Chaltura, Arvejón rosado a 30 Gy y Quantum a 90 Gy presentaron mejores resultados con una producción promedio de 1,30 kg en 13,23 m² en comparación al resto de muestras con las distintas dosis sus irradiación y sus testigos; por el contrario en la localidad de Yuyucocha Arvejón rosado a 30 Gy obtuvo una producción mayor con 1,32 kg, sin embargo la producción es menor al testigo la misma que presentó 1,48 kg con una diferencia de 0,16 kg, no está demás recalcar que Arvejón rosado a 30 Gy presentó 24,67 vainas por planta mayor a su testigo con 8,81 vainas por planta (Tabla 17); mientras que la variedad Quantum a 120 Gy con 25,07 vainas por planta mostró un rendimiento de 1,25 kg mayor en relación a su testigo con 0,98 kg (Tabla 30).

El comportamiento que refleja los tratamientos en las diferentes localidades frente a sus testigos posiblemente se debe a las condiciones climáticas y edáficas propias de cada localidad y a la dosis de tratamiento mutagénico a las que fueron expuestas los dos cultivares en la generación M0, esto lo explica (López et al., 2014), quien asegura que las mutaciones son eventos que se presentan completamente al azar y cualquier gen puede mutar en cualquier momento y no se puede predecir en qué consistirá la mutación por lo que no se puede determinar si en la siguiente generación (M2) el rendimiento será similar o no a la presente evaluación.

En la (Tabla 31), se presenta el costo estimado de producción para una hectárea de arveja, para lo cual se consideró el costo de la semilla equivalente a 2,00 USD/kg Arvejón rosado y 1,50 USD/kg Quantum (precio de mercado), es así que el Costo final de producción para la variedad Arvejón rosado es de 1.283,76 dólares y para la variedad Quantum el costo final de producción es de 1.121,76 dólares, la diferencia en costos está dado por el precio de mercado de la semilla.

Tabla 31. Costos estimado de producción de una hectárea de arveja (*Pisum sativum* L.)

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Subtotal
COSTOS DIRECTOS				
PREPARACIÓN DEL SUELO				
Arada	horas	3	20,00	60,00
Rastrada	horas	3	20,00	60,00
Surcada	jornal	1	20,00	20,00
MANO DE OBRA				
Siembra	jornal	6	10,00	60,00
Deshierbas y aporques	jornal	10	10,00	100,00
Fertilización y abonamiento	jornal	10	10,00	100,00
Fumigación	jornal	5	10,00	50,00
Riego	jornal	6	10,00	60,00
Cosecha	jornal	10	10,00	100,00
SEMILLA				
Arvejón rosado	kg	60	4,90	294,00
Quantum	kg	60	2,20	132,00
Fertilizante				
18-46-0	sacos	3	42,80	171,20
Urea	sacos	2	30,00	60,00
Sulfato de amonio	sacos	1	28,00	28,00
Fitosanitarios				
Sencor	litros/ha	0,75	50,00	37,50
Sulfolac	litros/ha	1,5	4,80	7,20
Clorpirifos	litros/ha	0,7	14,00	9,80
Bioenergía	litros/ha	1,5	9,37	14,06
Insumo				
Sacos	sacos	50	0,20	10,00
			Subtotal	1373,76
COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	muestra	1	30,00	30,00
Transporte	\$/saco	40	0,30	12,00
			Subtotal	42,00
COSTO TOTAL DE PRODUCCION				
Alverjón Rosado				1283,76
Quantum				1121,76

En la (Tabla 32), se observa que en la localidad de Yuyucocha la variedad Arvejón rosado a 30 Gy presentó un rendimiento promedio de 1,32 kg por parcela (13,23 m²), transformando estos valores a rendimiento por hectárea se obtendría 1.000,76 kg/ha y permitiría obtener un beneficio costo de 1,56 dólares, lo que quiere decir que por cada dólar invertido se lograría 0,56 centavos dólares de utilidad, el promedio del ingreso total por hectárea sería de 2.001,51 dólares valor que estaría sujeto a la oferta y demanda en que se presente la producción a la venta en el mercado, en comparación con las otras dosis de irradiación estas presentaron baja relación Beneficio/Costo, no así con el testigo ya que con 1,48 kg de rendimiento obtuvo un Beneficio/Costo de 1,74 dólares, mientras tanto la misma variedad a dosis de 90 Gy con rendimiento de 0,28 kg reflejó menor relación Beneficio/Costo con 0,33 centavos de dólar.

Para la misma localidad, con respecto a la variedad Quantum a dosis 120 Gy indicó mejor rendimiento con 1,25 kg en 13,23 m², que expresados en producción por hectárea sería 943,31 kg/ha, la relación Beneficio/Costo es de 1,26 dólares, valores que superan a su población irradiada en sus diferentes niveles incluso a su testigo, el cual con 0,92 kg de rendimiento y 691,61 kg/ha obtendría una relación beneficio costo de 0,92 centavos de dólar (Tabla 32).

Tabla 32. Análisis económico de los tratamientos en la Granja Experimental Yuyucocha - Ibarra

Codificación		Rendimiento (kg/13,23 m ²)	Rendimiento (kg/ha)	Precio (kg) USD	Ingreso total (ha) USD	Costo de producción (ha)	Relación B/C
T1	Ar-T	“1,48”	1116,40	2,00	2232,80	1283,76	“1,74”
T2	Ar-30Gy	1,32	1000,76	2,00	2001,51	1283,76	1,56
T3	Ar-60Gy	0,57	433,11	2,00	866,21	1283,76	0,67
T4	Ar-90Gy	0,28	210,13	2,00	420,26	1283,76	0,33
T5	Ar-120Gy	0,64	480,73	2,00	961,45	1283,76	0,75
T6	Q-T	“0,92”	691,61	1,50	1037,41	1121,76	“0,92”
T7	Q-30Gy	1,08	813,30	1,50	1219,95	1121,76	1,09
T8	Q-60Gy	1,20	906,27	1,50	1359,41	1121,76	1,21
T9	Q-90Gy	0,96	722,60	1,50	1083,90	1121,76	0,97
T10	Q-120Gy	1,25	943,31	1,50	1414,97	1121,76	1,26

En el análisis económico realizado para la localidad de Chaltura, indica que el mayor rendimiento obtuvo la variedad Arvejón rosado a 30 Gy con 1,29 kg/parcela y 975,06 kg/ha valor proyectado en una hectárea con el que se obtendría un ingreso neto de 1.950,12 USD/ha y un Beneficio/Costo de 1,52 dólares, resultados superiores a sus irradiados incluyendo a su testigo, el mismo que alcanzaría un beneficio costo de 1,46 dólares con rendimiento de 937,26 kg/ha y 1,29 kg por parcela.

Dentro de la misma localidad la variedad Quantum a dosis de 90 Gy obtuvo un rendimiento de 1,30 kg en una parcela de 13,23 m², y en una hectárea su producción sería de 982,62 kg/ha con el que presentaría un ingreso neto de 1473,930 USD/ha que reflejaría su beneficio costo de 1,31 dólares mejores resultados frente al resto de sus tratamientos irradiados y su testigo, el mismo que con rendimiento de 1,27 kg por parcela y 959,94 kg/ha alcanzaría un beneficio costo de 1,28 dólares (Tabla 33).

Tabla 33. Análisis Económico de los tratamientos en la Granja Experimental La Pradera – Chaltura.

Codificación	Rendimiento (kg/13,23m ²)	Rendimiento (kg/ha)	Precio (kg) USD	Ingreso total (Ha) USD	Costo de producción (ha)	Relación B/C
T1 Ar-T	“1,24”	937,26	2,00	1874,52	1283,76	“1,46”
T2 Ar-30Gy	1,29	975,06	2,00	1950,12	1283,76	1,52
T3 Ar-60Gy	0,87	657,60	2,00	1315,20	1283,76	1,02
T4 Ar-90Gy	0,69	521,54	2,00	1043,08	1283,76	0,81
T5 Ar-120Gy	1,04	786,09	2,00	1572,18	1283,76	1,22
T6 Q-T	“1,27”	959,94	1,50	1439,91	1121,76	“1,28”
T7 Q-30Gy	1,07	808,77	1,50	1213,16	1121,76	1,08
T8 Q-60Gy	1,12	846,56	1,50	1269,84	1121,76	1,13
T9 Q-90Gy	1,30	982,62	1,50	1473,93	1121,76	1,31
T10 Q-120Gy	1,03	778,57	1,50	1167,86	1121,76	1,04

Independientemente a la localidad la variedad Arvejón rosado a dosis de 90 Gy en la presente investigación mostró debilidad al tratamiento mutagénico, ya que la población de emergencia y sobrevivencia fue inferior al 30 %, en consecuencia presentó bajos rendimientos con 0,28 kg en Yuyucocha y 0,69 kg en Chaltura valores con los cuales reflejarían un Beneficio/Costo entre 0,33 y 0,81 centavos de dólar respectivamente, lo cual se da a entender que no es factible la presente variedad a esta dosis, sin embargo los resultados presentados probablemente puedan variar en la siguiente generación ya que las mutaciones son recesivas y pueden como no manifestarse en la siguiente generación.

Con respecto al cultivar Arvejón rosado a 30 Gy consiguió mejor Beneficio/Costo en las diferentes localidades con valores entre 1,52 y 1,56 dólares; resultados que varían para la variedad Quantum ya que en Chaltura con dosis de 90 Gy presentó mejor Beneficio/Costo 1,31 dólares y a dosis de 120 Gy en Yuyucocha con 1,26 dólares lo que significa que por cada dólar invertido y recuperado se adquiere 0,26 centavos de dólar en utilidad. Frente a estos resultados se deduce que los tratamientos en estudio genéticamente están inestables debido al tratamiento mutagénico sometido en la generación M0 por lo que los resultados obtenidos frente a sus testigos en las dos localidades son diferentes. Además posiblemente este comportamiento puede estar asociado a las condiciones ambientales y las habilidades del evaluador.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de la presente investigación, se desglosan las siguientes conclusiones.

Independientemente a la localidad, el cultivar Quantum a 30 Gy obtuvo porcentajes de emergencia superior al 80 %, valor que disminuyó al 60% en sobrevivencia a los 60 días. A pesar de obtener un promedio de 7 granos por vaina y rendimiento total promedio entre localidades de 1,07 kg, su comportamiento se mantuvo en rangos intermedios en las diferentes variables.

Los rangos de floración que varían entre 51 – 80 días se denominan intermedias, por lo mencionado las dos variedades evaluadas en las diferentes localidades presentaron floración entre los 59,33 y 72,33 días, frente a esto se deduce que los tratamientos evaluados presentaron floración intermedia.

Se apreció diferentes comportamientos de las variedades con respecto a la altura, tal es el caso de la variedad Arvejón rosado que en sus diferentes niveles de irradiación disminuyó su tamaño, situación contraria ocurrió en la variedad Quantum ya que aumentó la altura, característica que se observó frente a sus testigos.

Al realizar el análisis comparativo de los resultados obtenidos en las diferentes generaciones (M0 y M1) se determinó que, los tratamientos de la generación M1 de las dos variedades presentaron un mayor número de vainas por planta (1 y 2 unidades), a los presentados en la generación M0.

Una vez realizado el análisis económico para la variedad Quantum en la localidad de Yuyucocha e determinó que la mejor opción económica lo obtuvo a dosis de 120 Gy ya que con mayores alturas a la floración y a la madurez fisiológica (37,11- 43,83 cm), de igual forma con 25,07 vainas por planta y rendimiento de 1,25 kg presentó un ingreso total de 1414,97 USD/ha y un Beneficio/Costo de 1,26 dólares lo cual indica, que por cada dólar invertido y recuperado se obtiene 0,26 centavos de utilidad.

De igual forma en Yuyucocha la variedad Arvejón rosado a 30 Gy presentó mejor alternativa económica (beneficio costo de 1,56 dólares) con rendimiento de 1,32 kg valores que fueron alcanzados por presentar mejores resultados en las variables número vainas por planta con 24,67 y granos por vaina 6,83 unidades. Diferencia mínima frente a su testigo el mismo que con un 1,48 kg reflejó un Beneficio/Costo de 1,74, lo cual indica que, por cada dólar invertido y recuperado se obtiene una utilidad de 0,74 USD.

Por otro lado en la localidad de Chaltura el cultivar Arvejón rosado sobresalió frente al resto de sus tratamiento de la misma variedad y junto a su testigo con un beneficio neto de 1950,12 USD/ha y una relación Beneficio/Costo de 1,52 dólares, aspectos que probablemente se reflejan por presentar mejores resultados en porcentaje de emergencia 53,34 % (mayor población) y con promedio de 7 granos por vaina.

Dentro de la localidad de Chaltura en la variedad Quantum no se evidenciaron grandes diferencias respecto al rendimiento de los diferentes tratamientos frente a sus testigos, sin embargo a dosis 90 Gy con un promedio de 7 granos por vaina, presentó un beneficio neto de 1473,93 USD/ha y una relación Beneficio/Costo de 1,31 dólares; lo cual indica que, por cada dólar invertido y recuperado se obtiene 0,31 centavos de ganancia.

La irradiación realizada con rayos gamma en semillas de arveja, modificó las características fenotípicas de la planta, observando en la generación M1 cambios en los parámetros agronómicos inestables en comparación a la generación M0 los que se consideran como indicadores de genotipos mutantes por efecto de la irradiación.

Durante el ciclo del cultivo el T4 correspondiente a la variedad Arvejón rosado a dosis de 90 Gy en las localidades: Granja Experimental Yuyucocha y La Pradera, presentó un efecto adverso en la germinación de las semillas, las pocas plántulas que lograron germinar a esta dosis de radiación mostraron anomalías en las hojas, por lo que resultaron ser menos vigorosas y se vieron afectadas en las variables estudiadas.

Aceptar la hipótesis alternativa planteada al inicio de la investigación en las localidades: Granja Experimental Yuyucocha y Granja Experimental La Pradera, ya que los niveles de radiación gamma en la generación (M1) influyó en las características agronómicas del cultivo de arveja de forma positiva frente a sus testigos para porcentaje de emergencia,

sobrevivencia, días a la floración, número de vainas por planta y número de granos por vaina para las dos variedades; posiblemente se considera que está relacionado a la dosificación de irradiación y a las condiciones edafoclimáticas de cada localidad.

RECOMENDACIONES

- Para investigaciones posteriores trabajar con los tratamientos que presentaron los valores promedios más altos para la variable número de vainas por planta, para así poder comprobar si influye o no en el rendimiento.
- Realizar futuras investigaciones considerando una variedad por localidad, debido a que cada una de ellas son genéticamente diferentes por naturaleza, es decir morfológicamente cada una de ellas tiene su propio hábito y periodo de crecimiento.
- Con las semillas de la generación M2 obtenidas en esta investigación, continuar con estudios posteriores con la finalidad de obtener descendencia que sería la generación M3, considerando que presentaron inestabilidad en los parámetros agronómicos de la planta en relación a la M0 y estas variaciones puede o no manifestarse en la M3, por lo que las mutaciones inducidas son recesivas y se presentan a partir de la generación M2.
- Tener presente las épocas de siembra al igual que los agricultores, ya que las condiciones ambientales juegan un rol importante en su desarrollo. Además las mutaciones pueden no manifestarse si no se encuentra en las condiciones propicias para su desarrollo o en caso de manifestarse podría ser afectada negativamente.
- El espacio donde se pretenda realizar la investigación debe contar con un sistema de riego permanente que puedan suplir los requerimientos en determinadas etapas del cultivo.
- Considerar futuras investigaciones con otro tipo de variables, como por ejemplo el rendimiento por planta y días a la cosecha variables que reflejaran si la inducción de mutaciones influyen en el rendimiento por planta y si disminuye la fenología del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, P., Yépez, A., Basantes, E., Murillo, A., & Peralta, E. (2014). *Evaluación fenotípica de dos generaciones de plantas de arveja (Pisum sativum L.) provenientes de semillas irradiadas con rayos gamma para identificar resistencia a Ascochyta spp.* Quito - Ecuador: Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/242085137/Articulo-Cientifico-Tesis-pdf#scribd>.
- Bologna, P. (2009). *Uso de radiación x como herramienta para el mejoramiento en el género ornamental Calibrachoa (Solanaceae)*. Facultad de Ciencias Agrarias (Zaballa) - Universidad Nacional de Rosario.
- Cubero, J. (2003). *Introducción a la mejora genética vegetal*. Madrid - España: Mundi Prensa.
- Datta, S. (2005). *Papel de la mejora clásica de mutaciones en la mejora de los cultivos*. India.
- Duarte, M., Neves, J., Bressiani, A., & Gonzáles, F. (2012). *Efecto de la Irradiación Gamma en la propiedades mecánicas y térmicas de polímeros epoxídicos*. Brasil: Instituto de Pesquisas Energéticas y Nucleares, Universidade Federal de Minas Gerais y Universidad Federal de Itajubá.
- Faiguenbaum, H. (1990). Morfología, crecimiento y desarrollo de la arveja (Pisum sativum L.). *Proyecto Docente, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago*.
- FENALCE. (2002). *Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. Estadística de Producción Nacional*. Bogotá - Colombia: p.1.
- Fernández, A. (1991). *Mecanismos Físicos y Biológicos de la Irradiación de Alimentos*. República Dominicana: Facultad de Ciencias y Humanidades (INTEC).
- Fernández, D. (2012). *Determinación de la dosis de radiación gamma para la inducción de mutaciones en variedades comerciales de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) y Cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. La Paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Gonzales, L., & Ramirez, R. (2002). *Nucleus, N° 31. Publicación Semestral De La Agencia De Energía Nuclear Y Tecnologías De Avanzada*. La Habana - Cuba.
- Gonzalez, M., Mukandama, J., & Trujillo, D. (2009). *Mutante de Tomate de doble propósito obtenido mediante la Inducción de Mutaciones con Rayos Gamma de Co - 60*. La Habana - Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
- Iglesias, L., Velásquez, L., Fernández, Y., Rodríguez, M., Estévez, N., Carrazana, J., . . . Martínez, J. (2010). Efecto de radiaciones gamma en Abies religiosa (Kunth) Schltd. et Cham. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*.

- INAMHI. (2013). Instituto Nacional Meteorológico e Hidrológico. Estación Meteorológica de la Granja Experimental de Yuyucocha. Ibarra, Imbabura.
- INEC. (2010). Instituto Nacional de Estadística y Censo. *Encuesta de Superficie y producción agropecuaria continuas*, ESPAC 12-14, 43-45.
- Joseph, R., Yeoh, H., & Loh, S. (2004). Mutaciones inducidas en yuca utilizando embriones somáticos y la identificación de plantas mutantes con rendimiento y composición de almidón alterados.
- Lara, E. (2007). *“Comportamiento de dos genotipos de Tomate Riñón (Lycopersicum esculentum Mill), en diferentes sustratos hidropónicos en Yuyucocha”*. Ibarra - Ecuador: Tesis de Grado previo la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte.
- Lemus, Y., Méndez, J., Cedeño, J., & Gómez, V. (2002). *Rdiosensibilidad de dos genotipos de frijol (vigna unguiculata (L.) Walp) a radiación gamma*. Maturín - Monagas: Revista UDO Agrícola - Universidad de oriente .
- López, C., Guevara, L., & Alvarado, O. (2014). *Evaluación de materiales criollo y mejorados de frijol (Phaseolus vulgaris), irradiados con rayos gamma en la búsqueda de tolerancia a la sequía. San Andrés, Municipio de ciudad Arce, La Libertad. Universidad de El Salvador*. El Salvador.
- López, E. (2011). *Inducción de variabilidad genética para tolerancia a estreses abióticos mediante técnicas de cultivo in vitro en Cenchrus ciliaris L*. España: Universidad Internacional de Andalucía. Recuperado de http://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/1681/0229_Lopez.pdf?sequence=1.
- Lorente, J., & Yuste, M. (2007). *Biblioteca de la Agricultura*. Barcelona - España: Lexus.
- Marin, A. (2014). *Evaluación de la progenie de semillas de soja (glycine max (l) merril) provenientes de vainas con cuatro semillas*. Paraguay: Universidad Nacional de Asunción. Recuperado de: <https://prezi.com/ksnlgzcgei4w/evaluacion-de-la-progenie-de-semillas-de-soja-glycine-max/>.
- Martínez, A., & Lee, R. (2003). *Postcosecha y Mercadeo de Hortalizas de clima Frio Bajo Practicas de Producción Sostenible*. Colombia: Centro de Investigación y Asesorías Agroindustriales. Obtenido de Centro de Investigación y Asesorías Agroindustriales.
- Martínez, M. (2003). *Principios de Genetica Mendeliana*. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Mena, S., & Garcia, M. (1999). *Fundamentos de Genotécnia*. México: Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias .

- Mendoza, A. (2007). *“Determinacion de heredabilidad en características morfológicas bajo condiciones de vivero en Pinus greggii Engelm. Procedentes de plantaciones”*. Uruapan - México: Tesis de Grado previo la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo en Fruticultura. Universidad de Michoacana San Nicolás de Hidalgo.
- Muñoz, S. (2013). *“Evaluación agronómica de 15 cultivares de arveja (Pisum sativum L.) mediante el apoyo de investigación participativa con enfoque de género en la estación experimental del austro Bullcay”*. Riobamba - Ecuador.
- Navarrete, C. (2012). *“Respuesta de dos variedades de arveja (pisum sativum L.) a cuatro dosis de radiaciones gamma”*. Chaltura-Ecuador. Tesis de Grado previo la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Chaltura - Ecuador.
- Navarro, W. (1985). *Utilización de energía nuclear para el mejoramiento genético de plantas*. Costa Rica: Programa Genética Vegetal. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional.
- Novak, F., & Brunner, H. (1992). *Tecnología de Mutación Inducida Para el Mejoramiento de los Cultivos*. Boletín del OIEA. Obtenido de http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull344/Spanish/34405682533_es.pdf.
- Parsons, D. (2010). *Manuales Para Educacion Agropecuaria, Frijol y Chicharo*. México: Trillas Tercera Edición.
- Patiño, W., Valderrama, J., & Ñustez, C. (1997). *Evaluacion de nueve variedades de arveja (Pisum sativum L.) para uso industrial en la region de Suba, Santafe de Bogota*. Colombia - Bogota: Universidad de Colombia.
- Peralta, E., & Murillo, A. (2001). *Guía de Cultivos INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias)*. Quito - Ecuador.
- Poelhman, J. (1992). *Mejoramiento de Cosechas, Limusa S.A.* México: Fundamentos de fitomejoramiento. Editorial Universitaria .
- Prado, L. (2008). *Evaluación agronómica de dos líneas de arveja (Pisum sativum L.) y su efecto a la fertilización química y orgánica, en el Cantón - Chimbo*. Bolívar - Ecuador: Tesis de Ingeniero Agrónomo.
- Prieto, G., & Antonelli, M. (2008). *Evaluación de Cultivares De Arveja. Informaciones de la Eea Inta Oliveros*. Obtenido de <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/indices/tematica/ArvLenttrab.htm>.
- Proaño, J. (2007). *“Respuesta de Cuatro Variedades de Arveja (Pisum sativum L.) A la Fertilización Orgánica y Química en la Granja la Pradera”*. Chaltura-Ecuador.:

Tesis de Grado previo la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario.
Universidad Técnica del Norte.

- Ramírez, R., González, L., Camejo, Y., Zaldívar, N., & Fernández, Y. (2006). *Estudio de radiosensibilidad y selección del rango de dosis estimulantes de rayos x en cuatro variedades de tomate (Lycopersicon esculentum Mill)*. Cultivos Tropicales, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Cuba. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215885012>.
- Raoul, R. (2000). *Retorno a la resistencia, fitomejoramiento para depender menos de los plaguicidas*. México: Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados S.A. Montecillo.
- Rea, M. (2012). *Evaluación de la aclimatación y rendimiento de 15 cultivares de arveja (Pisum sativum L.) a campo abierto, en Macají, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Revetti, L. (1972). *Irradiación de granos. Irradiación de maíz (Zea mays L.)*. Caracas - Venezuela: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Robles, C. (2002). *Leguminosas*. Lima - Perú: Castello.
- Salcedo, J. (2010). *Respuesta de arroz (Oryza sativa L.) a la aplicación de dosis de irradiación gamma 60 Co*. Zacatepec - : Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Sariol, J. (2014). *Mutantes cubanos: dialéctica de las alternativas*. Obtenido de La revista joven más antigua de Cuba.
- Señudo, B., & Betancourth, C. (2005). *Fundamentos de Fitomejoramiento*. Colombia: Editorial Universitaria, Universidad de Nariño.
- Singh, B. (1994). *Fitomejoramiento principios y métodos*. . Ludhiana - India.: Kalyani .
- Suarez, C. (2006). *I curso de capacitación en mejoramiento genético en arroz. (en línea). La Habana, Cu, II Arroz*. Cuba.
- Suárez, E. (2006). *Instituto de investigaciones del arroz. Mejoramiento genético mediante inducción de mutaciones*. La Habana – Cuba: Recuperado de: <http://agr.unne.edu.ar/fao/Cuba-ppt/5MEJORAMIENTO%20%20MUTACIONES%20-Crestelo.pdf>.
- Urbano, P. (2000). *Tratado de Fitotecnia General*. Madrid - España.: Editorial Castello. Segunda Edición.
- Vega, M. (1994). *Evaluación de la radiación recurrente con gammas de 60Co sobre variables agronomicas de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) en la generacion R2 M1*. Mexico: Universidad Autonoma del Estado de Mexico.

- Villarreal, F. (2006). *Determinación del efecto de cinco dosis del bio- estimulante “Florone” en tres variedades de arveja (Psium sativum L.) aplicado en dos épocas*. San José –Carchi: Tesis de Grado previo la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador.
- Villarreal, F. (1991). *Introducción a la Botánica Sistemática*. Ecuador: Editorial Universitaria.
- Westphal, E. (1979). *Pulsos en Etiopía su taxonomía, publicación agrícola y documentación*. Países Bajos - Wageningen: Universidad Agraria de Wageningen.
- Yahia, E., & Flores, R. (2001). *Tratamientos Físicos en Postcosecha de Frutas y Hortalizas*. México: Universidad de Querétaro; Instituto de Investigaciones Agrícolas.

GLOSARIO

ADN: Acido desoxirribonucleico. La sustancia que codifica la información genética y controla toda la herencia, el ADN se localiza en los cromosomas también se denomina DNA.

Alelos: Cada una de las copias de un gene. Cada gene consiste de dos alelos; cada uno aparece de uno de los dos cromosomas apareados (uno en cada cromosoma) y proviene uno del padre y uno de la madre. Los dos alelos pueden ser dominantes o recesivos.

Cromosomas: Cuerpos filamentosos microscópicos que se desarrollan en el núcleo de la células vegetales y animales durante la mitosis o división celular. Cada cromosoma consiste de ADN sustancia en la que se codifica toda información genética.

Deletérea: Producir graves alteraciones funcionales, e incluso ocasionar la muerte.

Diploide: Planta o célula con dos juegos de cromosomas, cada uno de ellos proveniente de cada progenitor. La diploidía es el estado normal de la mayoría de las plantas y animales.

DL(50): Dosis semiletal en el cual, sobrevive el 50% de los individuos tratados.

Dominante: Carácter genético que se manifiesta tanto en condiciones homocigóticas como heterocigóticas.

Fenotipo: Características que se pueden observar en el individuo.

Gene o Gen: Es la unidad de herencia, cuyo conjunto forman los cromosomas. Sustancia de ADN que constituye la unidad funcional para transmisión de los caracteres hereditarios.

Genotipo: Características que no se pueden observar, constitución genética del individuo.

Gray: Unidad de dosis absorbida de radiación ionizante del Sistema Internacional, su símbolo es Gy.

Haploides: Célula o planta con un solo juego de cromosomas. Los gametos o células sexuales son haploides, por lo que su fusión sexual produce un diploide normal con dos juegos de cromosomas.

Heterocigótico: Genes diferentes en los cromosomas homólogos.

Homocigótico: Genes iguales en los cromosomas homólogos. Plantas que son idénticas en todo el genotipo a sus progenitores se llaman línea pura.

Homólogo: Relación de correspondencia que ofrece entre sí partes que en diversos organismos tiene el mismo origen aunque su función puede ser diferente.

M1: Se denomina la generación **M1** a las plantas que provienen directamente de semilla tratada con agentes mutagénicos.

Mutagénico: Cualquier sustancia o forma de energía que induce mutaciones. Las mutaciones inducidas pueden ser útiles a la agricultura, razón por la que a las técnicas mutagénicas se las considera herramientas de fitomejoramiento.

Recesivo: Carácter genético que se manifiesta solo en condiciones homocigóticas.

Replicación: Repetición o retirada de algún suceso.

ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto establecido para las localidades (Granja Experimental Yuyucocha y La Pradera).

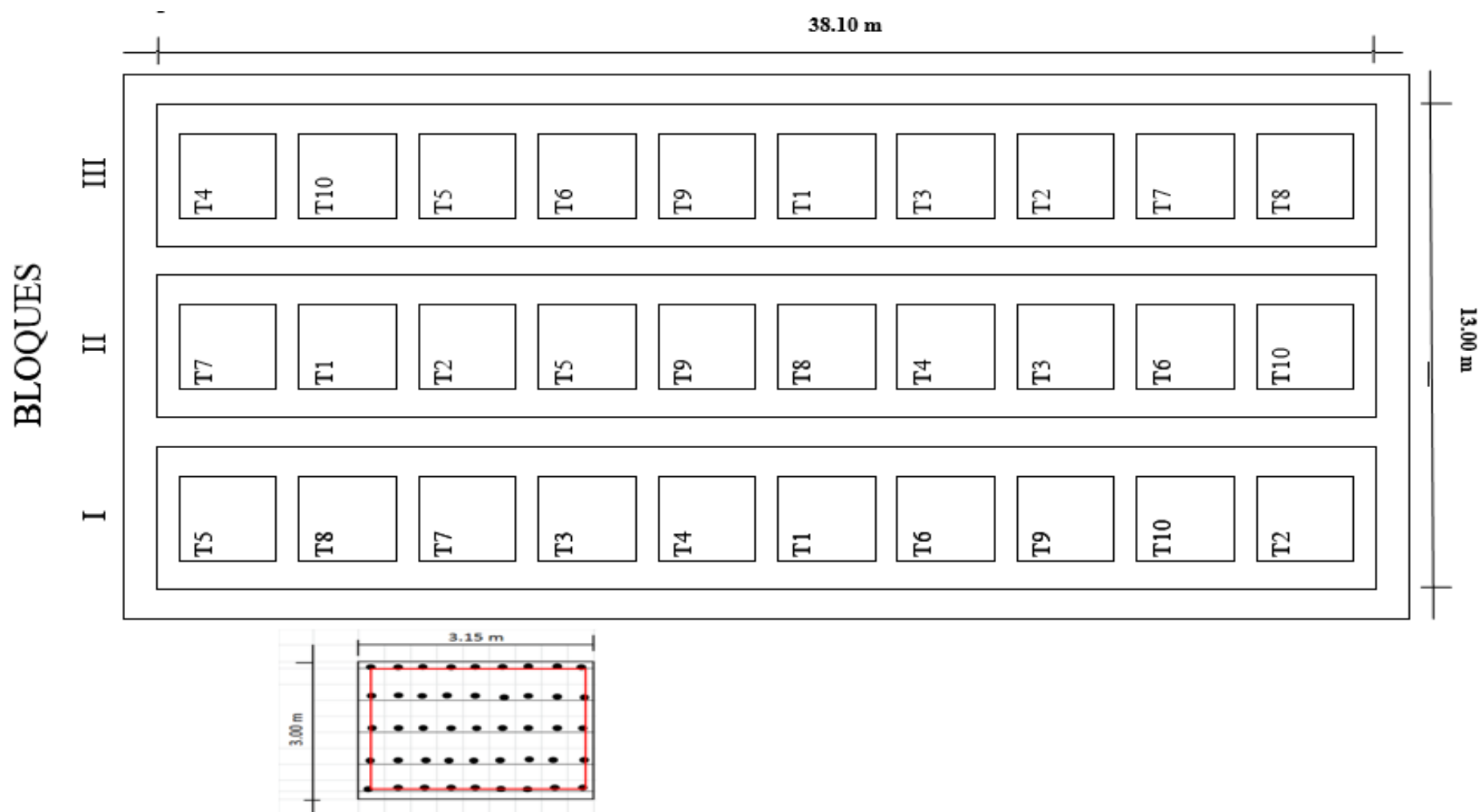
Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor Total \$
COSTOS DIRECTOS				
Talento humano				
Localidad 1	horas/trabajo	330	1,93	636,90
Localidad 2	horas/trabajo	330	1,93	636,90
Arriendo y Preparación del suelo				
Arriendo localidad 1	m2	500	150	150,00
Arriendo localidad 2	m2	500	150	150,00
Arada	horas/tractor	3	20	60,00
Rastrada	horas/tractor	4	20	80,00
Surcado	jornal	2	15	30,00
Siembra	jornal	2	10	20,00
Deshierbas	jornal	18	15	270,00
Controles fitosanitarios	jornal	16	15	240,00
riego	jornal	20	15	300,00
Semillas e insumos				
Semilla Arvejón rosado	kg	2,5	5	12,50
Semilla arveja Quantum	kg	2,5	5	12,50
Costo de Irradiación	Kg	4	5	20,00
15-52-0	libras	20	0,5	10,00
Muriato de potasio	libras	8	0,4	3,20
Sulfomag	libras	28	0,3	8,40
Magnet-B	ml	2000	17	34,00
Foliarplus	kg	2	3	6,00
Fumiraiz	ml	500	10	10,00
Nutristing plus	ml	2000	3,3	6,60
linuron	gr	2000	4,8	9,60
Fixer-plus	litro	2	12	24,00
Obex	ml	500	3	3,00
Arpon	ml	120	3,80	3,80
Lorsban	ml	240	14	14,00
Championspecial	gr	1000	10	10,00
Kañon plus	ml	500	7,00	7,00
Aliette	gr	200	3,5	7,00
Propilac	ml	500	10	10,00
Daconil 720 SC	ml	800	12	12,00
			subtotal	2797,40
COSTOS INDIRECTOS				
Análisis de suelo	muestra	2	26	52,00
Estacas		240	0,3	72,00
Letreros		60	1,5	90,00
Bomba de fumigar		2	70	140,00
Pirola	rollos	2	2,10	4,20
Materiales de oficina				
Copias	hojas	1000	0,03	30,00
Impresiones	hojas	1000	0,10	100,00
Lap top		1	600	600,00
Cámara fotográfica		1	250	250,00
Papelería en general				20,00
			subtotal	1358,20
CD+CI				4155,60
Imprevistos				413,56
TOTAL DE COSTOS				4569,16

Anexo 2. Cronograma de actividades.
Continuación.....

	Tiempo en meses Año																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	2014																																2015																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOST.				SEPT.				OCT.				NOV.				DICIEM.				ENERO				FEB.				MARZO				ABRIL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
ACTIV.	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Revisión de bibliografía	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Elaboración del anteproyecto o	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Presentación del anteproyecto o				X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Inicio de la Fase de Campo									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Interpretación de resultados																									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Tabulación de datos																									X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Interpretación de resultados																												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Presentación y revisión del informe final																													X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Redacción del informe final																																					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

	2016 - 2017																																							
ACTIV.	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOST.				SEPT.				OCT.				NOV.				DICIEM.				ENERO				FEBRERO			
	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión de bibliografía	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Elaboración del anteproyecto																																								
Presentación del anteproyecto																																								
Inicio de la Fase de Campo																																								
Interpretación de resultados																																								
Tabulación de datos																																								
Interpretación de resultados																																								
Presentación y revisión del informe fina																																								
Redacción del informe final																																								

Anexo 3. Croquis de distribución de los tratamientos.



Anexo 4. Resultados obtenidos en la primera fase


Navarrete Cristina (2012) luego de haber realizado la investigación “Respuesta de dos variedades de arveja (*Pisum sativum. L.*) a cuatro dosis de radiaciones gamma”, concluye que:

- El tratamiento que presento mayor porcentaje de población germinada es el T2 que pertenece a la variedad alverjón rosado a dosis de 30 gray. Para la variedad quantum el mejor tratamiento fue el testigo (T6), ya que esta variedad presento mayor susceptibilidad genética en cuanto a la aplicación de la radiación.
- Los tratamientos 2,3 y 4 que corresponden a la variedad alverjón rosado a dosis de 30, 60 y 90 Gray respectivamente, en comparación con el testigo (T1) son más precoces, ya que entraron a la floración en un promedio de 61,33 días; además presentaron precocidad los tratamientos 7,8 y 9 que corresponden a la variedad quantum a dosis de 30, 60 y 90 Gray respectivamente, en comparación con el testigo (T6) entraron a la floración con un promedio de 56,78 días; mientras que a la dosis de 120 Gray se observó un retraso en la floración de 5 días para la variedad alverjón rosado en comparación con el testigo (T1).
- Durante el periodo del cultivo a dosis de 90 y 120 Gray (T4, T5, T9 y T10) se presentó mayor susceptibilidad a enfermedades y mayor mortalidad consecuentemente menor producción.
- En el desarrollo de esta investigación, se pudo determinar la dosis letal (DL₅₀), para la variedad quantum a dosis de 120 Gray en la cual sobrevivió el 50% de las plantas dentro de la parcela neta, hasta la cosecha. Es necesario resaltar que en el transcurso de los 60 días desde la germinación también presentó mortalidad del 12,50% la variedad alverjón rosado a dosis de 90 y 120 Gray (T4 y T5) con respecto al testigo.
- Uno de los cambios fenotípicos derivados de la radiación es la altura de plantas que solo se manifestó en la variedad alverjón rosado, pues presento mayor altura de


plantas a una dosis de 90 Gray (T4); en cuanto para la variedad quantum presentó menos vainas a medida que incrementa la dosis.

- En la variable número de granos por vaina con respecto al testigo los mejores tratamientos fueron T2, T3, T4 (arvejón rosado a dosis de 30, 60 y 90 Gy), T7 y T8 (quantum a dosis de 30 y 60 Gy), concluyendo, las mutaciones suelen ser beneficiosas como deletéreas ya que una mutación es un cambio inesperado en el material hereditario.


Anexo 5. Resultado del reporte de Análisis de suelo de la localidad Granja Experimental Yuyucocha.


LABONORT
 LABORATORIOS NORTE
 Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050


REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																																																																																																																																							
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD																																																																																																																																		
Nombre: WALTER SANTY					Provincia: Imbabura																																																																																																																																		
Ciudad: Ibarra					Cantón: Ibarra																																																																																																																																		
Teléfono: 0969724318					Parroquia: Caranqui																																																																																																																																		
Fax:					Sitio: Yuyucocha																																																																																																																																		
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO																																																																																																																																		
Sitio: Yuyucocha					Nro Reporte.: 5485																																																																																																																																		
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo + T																																																																																																																																		
Número de Campo: M 1					Muestra: Suelo M 1																																																																																																																																		
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2014-05-21																																																																																																																																		
A Cultivar: Arveja					Fecha de Reporte: 2014-05-28																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nutriente</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> <th colspan="4">INTERPRETACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>32.82</td> <td>ppm</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>32.16</td> <td>ppm</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>6.95</td> <td>ppm</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>0.39</td> <td>meq/100 ml</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Ca</td> <td>9.57</td> <td>meq/100 ml</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Mg</td> <td>2.91</td> <td>meq/100 ml</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Zn</td> <td>4.23</td> <td>ppm</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td>5.17</td> <td>ppm</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>36.14</td> <td>ppm</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>11.31</td> <td>ppm</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>0.55</td> <td>ppm</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO TOXICO</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>7.31</td> <td></td> <td colspan="4" style="text-align: center;">0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0</td> </tr> <tr> <td>Acidez Int. (Al+H)</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino</td> </tr> <tr> <td>Al</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Na</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Ce</td> <td>0.284</td> <td>mS/cm</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino</td> </tr> <tr> <td>MO</td> <td>2.23</td> <td>%</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> </tbody> </table>										Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION				N	32.82	ppm	BAJO MEDIO ALTO				P	32.16	ppm	BAJO MEDIO ALTO				S	6.95	ppm	BAJO MEDIO ALTO				K	0.39	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO				Ca	9.57	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO				Mg	2.91	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO				Zn	4.23	ppm	BAJO MEDIO ALTO				Cu	5.17	ppm	BAJO MEDIO ALTO				Fe	36.14	ppm	BAJO MEDIO ALTO				Mn	11.31	ppm	BAJO MEDIO ALTO				B	0.55	ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO				pH	7.31		0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0				Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino				Al		meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO				Na		meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO				Ce	0.284	mS/cm	No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino				MO	2.23	%	BAJO MEDIO ALTO			
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION																																																																																																																																				
N	32.82	ppm	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
P	32.16	ppm	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
S	6.95	ppm	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
K	0.39	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
Ca	9.57	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
Mg	2.91	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
Zn	4.23	ppm	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
Cu	5.17	ppm	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
Fe	36.14	ppm	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
Mn	11.31	ppm	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
B	0.55	ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO																																																																																																																																				
pH	7.31		0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0																																																																																																																																				
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino																																																																																																																																				
Al		meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
Na		meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
Ce	0.284	mS/cm	No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino																																																																																																																																				
MO	2.23	%	BAJO MEDIO ALTO																																																																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ca</th> <th>Mg</th> <th>Ca+Mg (meq/100ml)</th> <th>%</th> <th>ppm</th> <th>(%)</th> <th>Clase Textural</th> </tr> <tr> <th>Mg</th> <th>K</th> <th>K</th> <th>Sum Bases</th> <th>NTot</th> <th>Cl</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.29</td> <td>7.46</td> <td>32.00</td> <td>12.87</td> <td></td> <td></td> <td>Franco arenoso</td> </tr> </tbody> </table>										Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural	Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl		3.29	7.46	32.00	12.87			Franco arenoso																																																																																																									
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural																																																																																																																																	
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl																																																																																																																																		
3.29	7.46	32.00	12.87			Franco arenoso																																																																																																																																	
Dr. Quím. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio																																																																																																																																							




Anexo 6. Resultado del reporte de Análisis de suelo de la localidad Granja Experimental La Pradera.



LABONORT
LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS										
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD					
Nombre: LUIS YAMBERLA					Provincia: Imbabura					
Ciudad:					Cantón: Antonio Ante					
Teléfono: 0994710884					Parroquia: Chaltura					
Fax:					Sitio: La Pradera					
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO					
Sitio: La Pradera					Nro Reporte.: 5479					
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo + T					
Número de Campo: Lote # 01					Muestra: Suelo Lote # 01					
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2014-05-14					
A Cultivar: Arveja					Fecha de Reporte: 2014-05-21					
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION							
N	35.18	ppm	<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">BAJO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">MEDIO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">ALTO</div>							
P	55.25	ppm								
S	14.32	ppm								
K	0.75	meq/100 ml								
Ca	7.18	meq/100 ml								
Mg	2.84	meq/100 ml								
Zn	5.92	ppm	<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">BAJO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">MEDIO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">ALTO</div>							
Cu	7.52	ppm								
Fe	53.76	ppm								
Mn	22.10	ppm								
B	0.48	ppm	<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">BAJO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">MEDIO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">ALTO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">TÓXICO</div>							
pH	6.67									
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">0 Requiere Cal</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">5.5</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">6.5</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">7.0</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">7.5</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">8.0</div>							
Al		meq/100 ml	<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">Acido</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">Uq. Acido</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">Pract. Neutro</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">Uq. Alcalino</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">Alcalino</div>							
Na		meq/100 ml								
Ce	0.166	mS/cm	<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">BAJO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">MEDIO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">ALTO</div>							
MO	1.53	%								
			<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">No Salino</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">Uq. Salino</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">Salino</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">Muy Salino</div>							
			<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">BAJO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">MEDIO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">ALTO</div>							
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)					Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
2.53	3.79	13.36	10.77			51.20	39.00	9.80	FRANCO	
Dr. Quím. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio 										



Anexo 7. Datos obtenidos para la variable porcentaje de emergencia en Yuyucocha y La Pradera.

Tratamiento	Yuyucocha			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	67,78	37,78	56,67	162,23	54,08
T2	52,22	44,44	46,67	143,33	47,78
T3	24,44	22,22	26,67	73,33	24,44
T4	17,78	16,67	17,78	52,23	17,41
T5	38,89	28,89	35,56	103,34	34,45
T6	71,11	44,44	62,22	177,77	59,26
T7	97,78	81,11	67,78	246,67	82,22
T8	67,78	52,22	57,78	177,78	59,26
T9	66,67	80,00	63,33	210,00	70,00
T10	86,67	76,67	60,00	223,34	74,45
Sumatoria	591,12	484,44	494,46	1570,02	
Media	59,11	48,44	49,45		52,33

Tratamiento	La Pradera			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	55,56	46,67	57,78	160,01	53,34
T2	46,67	47,78	65,56	160,01	53,34
T3	35,56	42,22	38,89	116,67	38,89
T4	20,00	20,00	17,78	57,78	19,26
T5	32,22	31,11	36,67	100,00	33,33
T6	84,44	83,33	73,33	241,10	80,37
T7	78,89	85,56	76,67	241,12	80,37
T8	61,11	76,67	84,44	222,22	74,07
T9	68,89	80,00	81,11	230,00	76,67
T10	63,33	72,22	58,89	194,44	64,81
Sumatoria	546,67	585,56	591,12	1723,35	57,45
Media	54,67	58,56	59,11		

Anexo 8. Datos obtenidos para la variable porcentaje de sobrevivencia a los 30 días en Yuyucocha y La Pradera.

Tratamientos	Yuyucocha			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	69,05	35,71	83,33	188,09	62,70
T2	57,14	28,57	40,48	126,19	42,06
T3	26,19	28,57	42,85	97,61	32,54
T4	19,05	23,81	16,67	59,53	19,84
T5	45,24	45,24	30,95	121,43	40,48
T6	59,62	40,48	73,81	173,91	57,97
T7	95,24	92,86	40,48	228,58	76,19
T8	80,95	59,52	28,57	169,04	56,35
T9	47,62	92,86	30,95	171,43	57,14
T10	90,48	80,95	69,05	240,48	80,16
Sumatoria	590,58	528,57	457,14	1576,29	
Media	59,058	52,857	45,714		52,54

Tratamiento	La Pradera			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	61,90	66,67	59,52	188,09	62,70
T2	71,43	54,76	47,62	173,81	57,94
T3	47,62	42,86	42,86	133,34	44,45
T4	21,43	35,71	19,05	76,19	25,40
T5	33,33	47,62	38,10	119,05	39,68
T6	85,71	69,05	38,10	192,86	64,29
T7	97,62	64,29	28,57	190,48	63,49
T8	42,86	76,19	35,78	154,83	51,61
T9	97,62	54,76	71,43	223,81	74,60
T10	83,33	47,62	40,48	171,43	57,14
Sumatoria	642,85	559,53	421,51	1623,89	54,92
Media	64,29	55,95	42,15		

Anexo 9. Datos obtenidos para la variable porcentaje de sobrevivencia a los 60 días en Yuyucocha y La Pradera

Tratamientos	Yuyucocha			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	64,29	33,33	78,57	176,19	58,73
T2	52,38	28,57	40,48	121,43	40,48
T3	19,05	28,57	40,48	88,10	29,37
T4	16,67	19,05	11,90	47,62	15,87
T5	42,86	42,86	28,57	114,29	38,10
T6	54,76	38,10	69,05	161,91	53,97
T7	95,24	90,48	35,71	221,43	73,81
T8	76,19	54,76	28,57	159,52	53,17
T9	45,24	90,48	30,95	166,67	55,56
T10	83,33	76,19	64,29	223,81	74,60
Sumatoria	550,01	502,39	428,57	1480,97	
Media	55,001	50,239	42,857		49,37

Tratamiento	La Pradera			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	64,29	47,62	66,67	178,57	59,52
T2	66,67	47,62	40,48	154,77	51,59
T3	40,48	42,86	42,86	126,19	42,06
T4	21,43	47,72	19,05	88,20	29,40
T5	33,33	47,72	38,10	119,15	39,72
T6	78,19	45,48	38,10	161,76	53,92
T7	60,00	50,00	28,57	138,57	46,19
T8	40,33	59,52	19,05	118,90	39,63
T9	78,57	45,48	66,67	190,72	63,57
T10	73,81	28,19	40,48	142,48	47,49
Sumatoria	557,10	462,20	400,01	1419,31	47,31
Media	55,71	46,22	40,00		

Anexo 10. Datos obtenidos para la variable días a la floración en Yuyucocha y La Pradera.

Tratamientos	Yuyucocha			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	68,00	68,00	70,00	206,00	68,67
T2	74,00	69,00	73,00	216,00	72,00
T3	68,00	68,00	70,00	206,00	68,67
T4	70,00	72,00	75,00	217,00	72,33
T5	68,00	70,00	71,00	209,00	69,67
T6	64,00	68,00	64,00	196,00	65,33
T7	58,00	58,00	63,00	179,00	59,67
T8	58,00	58,00	62,00	178,00	59,33
T9	63,00	60,00	60,00	183,00	61,00
T10	65,00	65,00	63,00	193,00	64,33
Sumatoria	656,00	656,00	671,00	1983,00	
Media	65,60	65,60	67,10		66,10

Tratamiento	La Pradera			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	69,00	70,00	71,00	210,00	70,00
T2	66,00	66,00	67,00	199,00	66,33
T3	70,00	70,00	71,00	211,00	70,33
T4	72,00	71,00	74,00	217,00	72,33
T5	70,00	70,00	73,00	213,00	71,00
T6	66,00	68,00	68,00	202,00	67,33
T7	59,00	61,00	61,00	181,00	60,33
T8	62,00	62,00	65,00	189,00	63,00
T9	63,00	65,00	65,00	193,00	64,33
T10	68,00	70,00	73,00	211,00	70,33
Sumatoria	665,00	673,00	688,00	2026,00	67,53
Media	66,50	67,30	68,80		

Anexo 11. Datos obtenidos para la variable altura de planta a la floración en Yuyucocha y La Pradera.

Tratamientos	Yuyucocha			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	42,59	38,29	49,2	130,08	43,36
T2	40,75	39,25	48,44	128,44	42,81
T3	36,80	41,75	43,00	121,55	40,52
T4	39,25	37,33	33,75	110,33	36,78
T5	41,75	45,27	38,89	125,91	41,97
T6	34,50	32,00	29,42	95,92	31,97
T7	34,17	31,36	35,00	100,53	33,51
T8	35,00	33,45	31,33	99,78	33,26
T9	35,63	36,91	27,13	99,67	33,22
T10	40,07	34,08	36,56	110,71	36,90
Sumatoria	380,51	369,69	372,72	1122,92	
Media	38,051	36,969	37,272		37,43

Tratamiento	Bloque I	La Pradera		Sumatoria	Media
		Bloque II	Bloque III		
T1	41,37	48,58	45,26	135,21	45,07
T2	42,00	42,50	37,90	122,40	40,80
T3	48,36	42,41	43,27	134,04	44,68
T4	37,92	43,64	40,00	121,56	40,52
T5	37,13	44,13	45,50	126,76	42,25
T6	33,24	35,23	35,60	104,07	34,69
T7	37,00	31,00	28,81	96,81	32,27
T8	35,22	33,86	30,25	99,33	33,11
T9	34,53	33,00	35,47	103,00	34,33
T10	32,71	28,57	31,42	92,70	30,90
Sumatoria	379,48	382,92	373,48	1135,88	37,86
Media	37,95	38,29	37,35		

Anexo 12. Datos obtenidos para la variable altura de planta a la madurez fisiológica en Yuyucocha y La Pradera.

Tratamientos	Bloque I	Yuyucocha		Sumatoria	Media
		Bloque II	Bloque III		
T1	47,19	48,38	55,39	150,96	50,32
T2	45,66	43,27	54,17	143,10	47,70
T3	44,18	49,83	49,90	143,91	47,97
T4	46,70	46,18	39,81	132,69	44,23
T5	47,15	52,33	47,10	146,58	48,86
T6	39,10	37,19	37,14	113,43	37,81
T7	38,60	38,70	39,89	117,19	39,06
T8	41,10	40,19	40,25	121,54	40,51
T9	42,25	41,09	36,55	119,89	39,96
T10	46,55	41,83	41,80	130,18	43,39
Sumatoria	438,48	438,99	442,00	1319,47	
Media	43,85	43,90	44,20		43,98

Tratamiento	Bloque I	La Pradera		Sumatoria	Media
		Bloque II	Bloque III		
T1	51,79	50,23	55,56	157,57	52,52
T2	50,56	46,86	53,60	151,02	50,34
T3	50,43	53,27	53,46	157,16	52,39
T4	48,86	54,79	45,20	148,84	49,61
T5	44,71	51,33	53,27	149,32	49,77
T6	35,56	44,92	41,60	122,07	40,69
T7	35,47	35,00	38,25	108,72	36,24
T8	35,75	41,79	44,25	121,79	40,60
T9	37,89	33,83	40,75	112,47	37,49
T10	38,94	41,13	38,67	118,73	39,58
Sumatoria	429,96	453,14	464,61	1347,70	44,92
Media	43,00	45,31	46,46		

Anexo 13. Datos obtenidos para el variable número de vainas por planta en Yuyucocha y La Pradera.

Tratamientos	Yuyucocha			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	22,71	9,64	15,13	47,48	15,83
T2	38,25	10,67	25,50	74,42	24,81
T3	15,63	31,67	23,78	71,08	23,69
T4	14,60	21,50	16,20	52,30	17,43
T5	10,27	16,62	10,00	36,89	12,30
T6	23,81	33,83	11,95	69,59	23,20
T7	13,22	5,85	21,00	40,07	13,36
T8	19,17	18,69	20,25	58,11	19,37
T9	19,50	18,00	12,10	49,60	16,53
T10	31,25	27,75	12,91	71,91	23,97
Sumatoria	208,41	194,22	168,82	571,45	
Media	20,84	19,42	16,88		19,04

Tratamiento	La Pradera			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	21,46	10,46	14,23	46,16	15,39
T2	38,68	9,93	23,38	71,98	23,99
T3	16,86	21,12	23,62	61,59	20,53
T4	14,21	15,11	5,23	34,55	11,52
T5	8,19	16,70	11,40	36,29	12,10
T6	23,11	24,62	10,30	58,02	19,34
T7	12,85	11,62	19,06	43,52	14,51
T8	19,21	18,18	23,50	60,89	20,30
T9	20,74	19,82	14,41	54,97	18,32
T10	29,88	25,56	11,87	67,31	22,44
Sumatoria	205,19	173,10	156,99	535,28	17,84
Media	20,52	17,31	15,70		

Anexo 14. Datos obtenidos para la variable número de granos por vaina en Yuyucocha y La Pradera.

Tratamientos	Yuyucocha			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	6,77	6,10	6,63	19,50	6,50
T2	6,77	6,47	7,23	20,47	6,82
T3	6,03	6,37	6,37	18,77	6,26
T4	5,93	5,78	6,49	18,20	6,07
T5	5,20	5,60	6,23	17,03	5,68
T6	6,83	6,47	6,30	19,60	6,53
T7	6,43	6,97	7,00	20,40	6,80
T8	6,10	6,30	6,10	18,50	6,17
T9	5,40	6,93	6,13	18,46	6,15
T10	6,53	6,77	6,30	19,60	6,53
Sumatoria	61,99	63,76	64,78	190,53	
Media	6,199	6,376	6,478		6,35

Tratamiento	La Pradera			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	6,50	6,45	7,05	20,00	6,67
T2	6,95	7,05	6,85	20,85	6,95
T3	6,90	6,80	7,05	20,75	6,92
T4	6,60	6,85	5,60	19,05	6,35
T5	6,90	6,90	6,80	20,60	6,87
T6	6,35	6,42	6,75	19,52	6,51
T7	7,05	7,30	7,50	21,85	7,28
T8	6,95	7,05	6,45	20,45	6,82
T9	6,85	6,75	6,90	20,50	6,83
T10	6,90	7,00	7,15	21,05	7,02
Sumatoria	67,95	68,57	68,10	204,62	6,82
Media	6,80	6,86	6,81		

Anexo 15. Datos obtenidos para la variable rendimiento en grano seco en Yuyucocha y La Pradera.

Tratamientos	Yuyucocha			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	509,00	407,00	561,00	1477,00	492,33
T2	830,00	186,00	308,00	1324,00	441,33
T3	210,00	118,00	245,00	573,00	191,00
T4	96,00	110,00	72,00	278,00	92,67
T5	160,00	313,00	163,00	636,00	212,00
T6	440,00	228,00	247,00	915,00	305,00
T7	378,00	465,00	233,00	1076,00	358,67
T8	339,00	330,00	530,00	1199,00	399,67
T9	223,00	642,00	91,00	956,00	318,67
T10	710,00	408,00	130,00	1248,00	416,00
Sumatoria	3895,00	3207,00	2580,00	9682,00	
Media	389,5	320,7	258		322,73

Tratamiento	La Pradera			Sumatoria	Media
	Bloque I	Bloque II	Bloque III		
T1	410	435	396	1241	413,67
T2	550	415	325	1290	430,00
T3	245	270	351	866	288,67
T4	273	334	87	694	231,33
T5	200	436	401	1037	345,67
T6	460	421	385	1266	422,00
T7	484	329	260	1073	357,67
T8	367	401	356	1124	374,67
T9	438	365	492	1295	431,67
T10	553	194	286	1033	344,33
Sumatoria	3980	3600	3339	10919	363,97
Media	398,00	360,00	333,90		

Anexo 16. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para porcentaje de emergencia

Generaciones	Dosis (Gy)/ Var.	Medias	E.E.							
M ₀	30 Arvejón R	89.60	6.21	A						
M ₀	0 Arvejón R	87.50	6.21	A						
M ₀	120 Arvejón R	85.43	6.21	A	B					
M ₀	60 Arvejón R	83.37	6.21	A	B					
M ₁	30 Quantum	82.22	6.21	A	B					
M ₀	90 Arvejón R	81.27	6.21	A	B					
M ₀	0 Quantum	77.10	6.21	A	B	C				
M ₀	60 Quantum	75.03	6.21	A	B	C	D			
M ₁	120 Quantum	74.45	6.21	A	B	C	D			
M ₁	90 Quantum	70.00	6.21		B	C	D	E		
M ₀	90 Quantum	62.53	6.21			C	D	E	F	
M ₀	30 Quantum	62.50	6.21			C	D	E	F	
M ₁	60 Quantum	59.26	6.21				D	E	F	
M ₁	0 Quantum	59.26	6.21				D	E	F	
M ₀	120 Quantum	56.27	6.21					E	F	
M ₁	0 Arvejón R	54.08	6.21					E	F	
M ₁	30 Arvejón R	47.78	6.21						F	G
M ₁	120 Arvejón R	34.45	6.21						G	H
M ₁	60 Arvejón R	24.44	6.21							H I
M ₁	90 Arvejón R	17.41	6.21							I

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 17. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para porcentaje de sobrevivencia a los 30 días

Generaciones	Dosis (Gy)/ Variedad	Medias	E.E.							
M ₀	30 Arvejón R	87.50	9.51	A						
M ₀	0 Arvejón R	87.50	9.51	A						
M ₀	120 Arvejón R	83.33	9.51	A	B					
M ₀	60 Arvejón R	81.25	9.51	A	B	C				
M ₁	120 Quantum	80.16	9.51	A	B	C	D			
M ₀	90 Arvejón R	79.17	9.51	A	B	C	D			
M ₀	0 Quantum	77.08	9.51	A	B	C	D			
M ₁	30 Quantum	76.19	9.51	A	B	C	D			
M ₀	60 Quantum	75.00	9.51	A	B	C	D			
M ₁	0 Arvejón R	62.70	9.51	A	B	C	D	E		
M ₀	90 Quantum	62.50	9.51	A	B	C	D	E		
M ₀	30 Quantum	60.42	9.51		B	C	D	E		
M ₁	0 Quantum	57.97	9.51		B	C	D	E	F	
M ₁	90 Quantum	57.14	9.51		B	C	D	E	F	
M ₁	60 Quantum	56.35	9.51			C	D	E	F	
M ₀	120 Quantum	54.17	9.51				D	E	F	
M ₁	30 Arvejón R	42.06	9.51					E	F	G
M ₁	120 Arvejón R	40.48	9.51					E	F	G
M ₁	60 Arvejón R	32.54	9.51						F	G
M ₁	90 Arvejón R	19.84	9.51							G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 18. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para porcentaje de sobrevivencia a los 60 días.

Generaciones	Dosis (Gy)/ Var.		Medias	E.E.					
M ₀	30	Arvejón R	85.42	9.60	A				
M ₀	0	Arvejón R	85.42	9.60	A				
M ₀	60	Arvejón R	77.08	9.60	A	B			
M ₀	0	Quantum	77.08	9.60	A	B			
M ₀	60	Quantum	75.00	9.60	A	B			
M ₁	120	Quantum	74.60	9.60	A	B			
M ₁	30	Quantum	73.81	9.60	A	B			
M ₀	120	Arvejón R	72.92	9.60	A	B			
M ₀	90	Arvejón R	72.92	9.60	A	B			
M ₀	90	Quantum	62.50	9.60	A	B	C		
M ₀	30	Quantum	60.42	9.60	A	B	C		
M ₁	0	Arvejón R	58.73	9.60	A	B	C		
M ₁	90	Quantum	55.56	9.60		B	C	D	
M ₁	0	Quantum	53.97	9.60		B	C	D	
M ₁	60	Quantum	53.17	9.60		B	C	D	
M ₀	120	Quantum	50.00	9.60		B	C	D	
M ₁	30	Arvejón R	40.48	9.60			C	D	E
M ₁	120	Arvejón R	38.10	9.60			C	D	E
M ₁	60	Arvejón R	29.37	9.60				D	E
M ₁	90	Arvejón R	15.87	9.60					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 19. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para días a la floración.

Generaciones	Tratamiento	Medias	E.E.													
M1	90 Arvejón R	72.33	0.88	A												
M1	30 Arvejón R	72.00	0.88	A	B											
M1	120 Arvejón R	69.67	0.88		B	C										
M1	60 Arvejón R	68.67	0.88			C										
M1	0 Arvejón R	68.67	0.88			C										
M0	120 Arvejón R	67.33	0.88			C	D									
M1	0 Quantum	65.33	0.88				D	E								
M1	120 Quantum	64.33	0.88					E	F							
M0	0 Arvejón R	62.67	0.88						F	G						
M0	90 Arvejón R	62.00	0.88						F	G	H					
M0	60 Arvejón R	61.33	0.88							G	H	I				
M1	90 Quantum	61.00	0.88							G	H	I	J			
M0	30 Arvejón R	60.67	0.88							G	H	I	J	K		
M1	30 Quantum	59.67	0.88								H	I	J	K	L	
M1	60 Quantum	59.33	0.88									I	J	K	L	
M0	120 Quantum	58.67	0.88										J	K	L	M
M0	0 Quantum	58.33	0.88											K	L	M
M0	90 Quantum	57.33	0.88												L	M
M0	30 Quantum	56.67	0.88													M
M0	60 Quantum	56.33	0.88													M

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 20. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para altura a la floración.

Generaciones	Tratamiento	Medias	E.E.												
M ₀	90 Arvejón R	60.93	1.60	A											
M ₀	60 Arvejón R	60.67	1.60	A											
M ₀	120 Arvejón R	60.20	1.60	A											
M ₀	30 Arvejón R	59.97	1.60	A											
M ₀	0 Arvejón R	59.73	1.60	A											
M ₁	0 Arvejón R	43.36	1.60		B										
M ₁	30 Arvejón R	42.81	1.60		B										
M ₁	120 Arvejón R	41.97	1.60		B										
M ₁	60 Arvejón R	40.52	1.60		B	C									
M ₁	120 Quantum	36.90	1.60			C	D								
M ₁	90 Arvejón R	36.78	1.60			C	D								
M ₁	30 Quantum	33.45	1.60				D	E							
M ₁	60 Quantum	33.26	1.60				D	E							
M ₁	90 Quantum	33.22	1.60				D	E							
M ₁	0 Quantum	31.97	1.60					E							
M ₀	0 Quantum	21.57	1.60						F						
M ₀	30 Quantum	19.37	1.60						F	G					
M ₀	60 Quantum	18.60	1.60						F	G					
M ₀	90 Quantum	17.33	1.60						F	G					
M ₀	120 Quantum	14.93	1.60							G					

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 21. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para altura a la madurez fisiológica

Generaciones	Tratamiento	Medias	E.E.												
M ₀	90 Arvejón R	98.77	1.46	A											
M ₀	60 Arvejón R	94.70	1.46	A											
M ₀	120 Arvejón R	90.50	1.46		B										
M ₀	30 Arvejón R	88.10	1.46		B	C									
M ₀	0 Arvejón R	84.50	1.46			C									
M ₁	0 Arvejón R	50.34	1.46				D								
M ₁	120 Arvejón R	48.87	1.46				D								
M ₁	60 Arvejón R	47.94	1.46				D	E							
M ₁	30 Arvejón R	47.71	1.46				D	E							
M ₁	90 Arvejón R	44.28	1.46					E	F						
M ₁	120 Quantum	43.39	1.46						F	G					
M ₁	60 Quantum	40.54	1.46						F	G	H				
M ₁	90 Quantum	39.95	1.46							G	H				
M ₁	30 Quantum	39.17	1.46								H				
M ₁	0 Quantum	37.83	1.46								H	I			
M ₀	0 Quantum	33.73	1.46									I	J		
M ₀	30 Quantum	33.53	1.46										J		
M ₀	60 Quantum	32.30	1.46										J	K	
M ₀	90 Quantum	29.13	1.46											K	L
M ₀	120 Quantum	27.87	1.46												L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 22. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para número de vaina por planta.

Generaciones	Tratamiento	Medias	E.E.					
M ₀	90 Arvejón R	35.37	0.60	A				
M ₀	60 Arvejón R	34.90	0.60	A				
M ₀	30 Arvejón R	33.90	0.60	A	B			
M ₀	0 Quantum	26.93	0.60		B	C		
M ₀	120 Arvejón R	25.67	0.60		B	C	D	
M ₁	30 Arvejón R	24.81	4.51		B	C	D	E
M ₁	120 Quantum	23.97	4.51			C	D	E
M ₁	60 Arvejón R	23.69	4.51			C	D	E
M ₁	0 Quantum	23.20	4.51			C	D	E
M ₀	30 Quantum	22.97	0.60			C	D	E
M ₀	0 Arvejón R	22.23	0.60			C	D	E
M ₁	60 Quantum	19.37	4.51			C	D	E
M ₀	60 Quantum	18.87	0.60			C	D	E
M ₁	90 Arvejón R	17.83	4.51			C	D	E
M ₁	90 Quantum	16.53	4.51				D	E
M ₁	0 Arvejón R	15.79	4.51					E
M ₀	90 Quantum	15.53	0.60					E
M ₁	30 Quantum	13.36	4.51					E
M ₀	120 Quantum	13.13	0.60					E
M ₁	120 Arvejón R	12.60	4.51					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 23. Prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05) para interacción entre generaciones y tratamientos (dosis /variedad) para número de granos por vaina.

Generaciones	Tratamiento	Medias	E.E.					
M ₁	30 Arvejón R	6.83	0.24	A				
M ₁	30 Quantum	6.75	0.18	A				
M ₁	0 Quantum	6.57	0.10	A	B			
M ₁	60 Quantum	6.52	0.09	A	B			
M ₁	60 Arvejón R	6.47	0.10	A	B			
M ₁	0 Arvejón R	6.42	0.27	A	B			
M ₁	90 Quantum	6.38	0.35	A	B	C		
M ₁	120 Quantum	6.28	0.15	A	B	C		
M ₀	30 Arvejón R	6.27	0.24	A	B	C		
M ₁	90 Arvejón R	6.10	0.16		B	C		
M ₁	120 Arvejón R	5.75	0.39		B	C	D	
M ₀	60 Quantum	5.67	0.09			C	D	
M ₀	30 Quantum	5.60	0.18			C	D	
M ₀	60 Arvejón R	5.60	0.10				D	
M ₀	90 Arvejón R	5.53	0.16				D	
M ₀	0 Arvejón R	5.43	0.27				D	
M ₀	0 Quantum	5.40	0.10				D	
M ₀	120 Quantum	4.80	0.15					E
M ₀	90 Quantum	4.50	0.35					E
M ₀	120 Arvejón R	4.07	0.39					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 24. FOTODOCUMENTACIÓN PROCESO DE INVESTIGACIÓN

a.- Preparación del área de investigación



Preparación del terreno



Trazado de las parcelas



Surcado



Ubicación de letreros de identificación

b.- Reunión científica con el director y los asesores



Reunión previa a la instalación del ensayo



Vista al ensayo por parte del Director

c.- Siembra y emergencia del cultivo



Siembra



Emergencia

d.- Prácticas culturales y fertilización



Deshierbe y aporque



Fertilización con microelementos

e.- Control fitosanitario



Fungicida e insecticida



Control químico

f.- Días a la floración.



Inicio de Floración



Floración y formación de vainas

g.- Toma de la variable altura de planta.



Altura de planta a inicios de la floración



Altura de planta a la madurez fisiológica

h.- Riego por gravedad de acuerdo a la necesidad del suelo.



Riego despues de la siembra



Riego durante el desarrollo del cultivo

i.- Toma de datos



Parcela con vainas bien formadas



Conteo de número de vainas por planta

j.- Cosecha



Parcelas culminando el ciclo



Cosecha manual

k.- Toma de datos número de granos por vaina y rendimiento



Desgrane



Conteo de granos por vaina



Pesaje



Toma de datos rendimiento